

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S E C R E T

COUNTRY East Germany

REPORT

50X1-HUM

SUBJECT Photo Cells and Image Tubes
Produced by VEB Carl Zeiss,
Jena, and Exhibited at the
1961 Leipzig Spring Fair

DATE DISTR.

10 APR 1962

NO. PAGES

2

REFERENCES

RD

DATE OF

FO.

DATE ACQ.

50X1-HUM

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION. SOURCE GRADINGS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

50X1-HUM

the VEB Carl Zeiss,
Jena, exhibit at the 1961 Leipzig Spring Fair.

Attachments:

3 C. [redacted] a brochure on selenium photo elements; it contains photographs, specifications and technical description (7 sheets in German) (Documentary)

4 D. [redacted] a brochure on the Carl Zeiss light meter Luxmeter LMI. This brochure includes photographs, charts, specifications and technical description (7 pages in German) (Documentary)

50X1-HUM

5 E. Photograph of light meters exhibited at the Leipzig Fair.

6 F. Brochure on photocells produced by Carl Zeiss, Jena, which contains photographs, specifications and technical description (4 sheets in German) (Documentary)

50X1-HUM

S E C R E T

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	NSA	X	OCR		DDA	X		
-------	---	------	---	------	---	-----	---	-----	---	-----	--	-----	---	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#")

50X1-HUM

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

S E C R E T

-2-

50X1-HUM

- 7 G. Photograph of photocells exhibited at the Leipzig Fair. [redacted] 50X1-HUM
- 8 H. [redacted] a brochure on multiplier photo electric cells (Photovervielfacher) including photographs, specifications and technical description (8 sheets in German) (Documentary) 50X1-HUM
- 9 I. Photograph of multiplier photo electric cells on exhibition at the Leipzig Fair. [redacted] 50X1-HUM
- 10 J. [redacted] a brochure on image tubes, including infrared and ultra-violet sensitive image tubes, produced by VEB Carl Zess, Jena. The brochure includes photographs, specifications and technical description (4 sheets in German) (Documentary) 50X1-HUM
- 11 K. Photograph of image tubes exhibited at the Leipzig Fair [redacted]
- 12 L. [redacted] a brochure on Hg monochromatic filters mercury and helium light sources; the brochure contains photographs and technical descriptions (2 sheets in German) (Documentary) 50X1-HUM
- 13 M. [redacted] a brochure on metal interference filters; it contains photographs, technical specifications and descriptions. (10 sheets in German) (documentary) 50X1-HUM

50X1-HUM

S E C R E T

50X1-HUM

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3

50X1-HUM

Photozellen

aus JENA

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Sondererzeugnisse

Druckchriften-Nr. W 40-082-1

Fernsprecher 7948

V 4 59-5 (Ag 10 0016 58) — 26873 — Druckerei Fortschritt Erfurt

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3

Photozellen

Die Photozelle ist ein photoelektronisches Bauelement. Bei Beleuchtung bzw. bei Bestrahlung der Kathodenschicht werden Elektronen emittiert. Die Photozelle besteht aus einem evakuierten Glasgefäß, an dessen Wandung die lichtempfindliche Schicht, die Photokathode, aufgebracht ist. Ihr gegenüber befindet sich eine stab- oder ringförmige Anode, die im Betrieb gegenüber der Kathode ein positives Potential hat. Durch dieses elektrische Feld werden die von den Lichtquanten aus der Kathode herausgelösten Elektronen zur Anode hin beschleunigt. Die Prinzipschaltung ist aus Bild 1 ersichtlich.

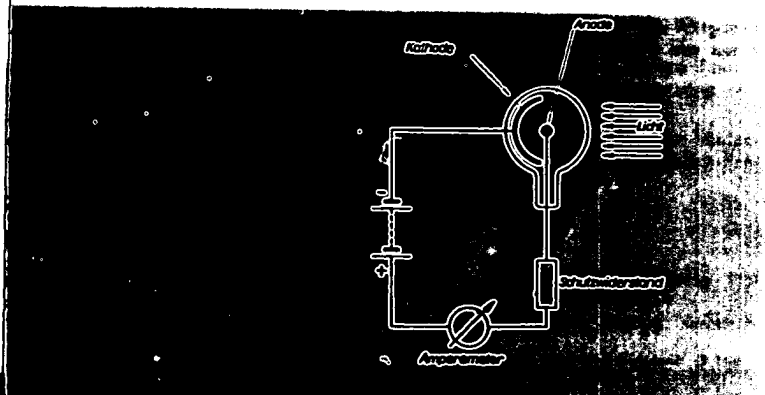
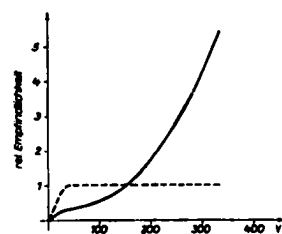


Bild 1. Prinzipschaltung einer Photozelle

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Photozellen: die Vakuumzellen (V = Vakuum) und die mit Edelgas (Argon oder Krypton) gefüllten Gaszellen (G = gasgefüllt).

Bild 2 zeigt die bei konstantem Lichtstrom für Vakuum- und für Gaszellen prinzipielle Abhängigkeit des Photostroms von der Betriebsspannung. Während der Photostrom einer Vakuumzelle bereits

Bild 2. Strom-Spannungscharakteristik einer Vakuum- und einer Gaszelle



bei 30 V eine Sättigung aufweist, steigt er bei der mit Edelgas gefüllten Zelle mit zunehmender Spannung rasch an. Oberhalb einer bestimmten Spannung (Zündspannung), die von dem in der Zelle herrschenden Gasdruck abhängt, setzt eine Glimmentladung ein. Da diese die Photokathode zerstört, darf die auf dem Prüf-schein (jeder Zelle beigelegt) vermerkte maximale Betriebsspannung nicht überschritten werden.

Die Empfindlichkeit wird in $\mu\text{A}/\text{lm}$, bezogen auf eine Lichtquelle nach Normlichtart A (DIN 5033) mit der Farbtemperatur 2850° K, angegeben.

Bezüglich der spektralen Empfindlichkeit unterscheiden wir zwei Arten von Photozellen. In Bild 3 ist die spektrale Verteilung einer

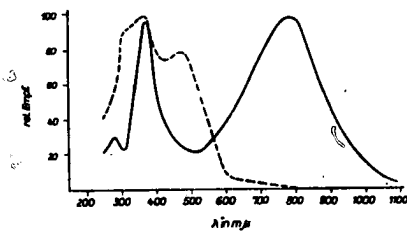


Bild 3. Spektrale Verteilung einer Cäsiumoxyd- und einer Cäsium-Antimon-Zelle

Cäsiumoxyd-Zelle (rottempfindlich) und einer Cäsium-Antimon-Zelle (blauempfindlich) — bezogen auf energiegleiches Spektrum — dargestellt.

In der Tonfilm-, Regel- und Meßtechnik finden die Photozellen vielseitige Anwendung, so z. B. zur Automatisierung von Zähl- und Sortiervorgängen, bei Sicherungsanlagen und bei Schutzeinrichtungen an Maschinen. Die meisten technischen Probleme lassen sich mit den in der anhängenden Übersicht aufgeführten Tonfilmzellen lösen.

Für spezielle meßtechnische Aufgaben haben wir Meß- und Spezialzellen entwickelt, die eine besonders hohe Isolation zwischen Anode und Kathode besitzen und je nach Wunsch aus normalem Glas und mit Quarzfenster geliefert werden können. Um Aufladungen zu

vermeiden, sind die Typen MV, MG, MVS, MGS und MKrS zwischen Anode und Lichteintrittsfenster mit einem Netz versehen, das auf Kathodenpotential liegt.

Die maximale Beleuchtungsstärke und die Betriebsspannung der Photozellen, sowohl bei Dauer- als auch bei Impulsbetrieb, sind derart zu wählen, daß folgende maximal zulässigen Photokathodenströme nicht überschritten werden:

	bei Anwendung der Photozelle für Meßzwecke	techn. Zwecke
bei gasgefüllten Zellen	0,5 μA	1,0 μA
bei Vakuumzellen	1,0 μA	3,0 μA

Für alle genannten Zelltypen ist eine maximal zulässige Temperatur von 40° C im Dauerbetrieb wie auch in der Lagerung vertretbar.

Für die Messung mit Photozellen empfehlen wir unser Skalengalvanometer (Druckschrift 32-807-1) oder unser Einfaden-Projektionselektrometer (Druckschrift 32-809-1).

Schrifttum

Görlich, P.: Die lichtelektrischen Zellen, ihre Herstellung und Eigenschaften. Leipzig: Geest & Portig 1951

Görlich, P.: Die Anwendung der Photozellen. Leipzig: Geest & Portig 1954

Meß- und Spezialzellen

Typ	Kathoden- schicht	Ausführung	Empfindlichkeit bei 2850° K		Zündspannung V	Isolations- widerstand Ω
			$\mu A/lm$	bei Betriebsspannung V		
MV	rot	Vakuum	20	100	—	10^{12}
MVS	blau	Vakuum	30	100	—	10^{12}
MQVS	blau	Vakuum	30	100	—	10^{12}
MG	rot	Gas	70	100	IV 200	10^{12}
MGS	blau	Gas	90	100	IV 200	10^{12}
MQGS	blau	Gas	90	100	IV 200	10^{12}
MKS	blau	Gas	70	100	IV 300	10^{12}
MKV	rot	Vakuum	20	100	—	10^{12}
MKVS	blau	Vakuum	30	100	—	10^{12}
MKQVS	blau	Vakuum	30	100	—	10^{12}
MKG	rot	Gas	70	100	IV 200	10^{12}
MKGS	blau	Gas	90	100	IV 200	10^{12}
MKQGS	blau	Gas	90	100	IV 200	10^{12}

Tonfilmzellen

SZ	rot	Gas	70	100	IV 250	$3 \cdot 10^{10}$
KZ	rot	Gas	150	150	IV 300	10^{10}
TZ	rot	Gas	150	150	IV 300	10^{10}

Fertigungsprogramm Sondererzeugnisse

Hochvakuum-Bedampfungsapparatur HBA 1 • Hochvakuum-Meßgerät HVM 1 •
Hochvakuum-Öldiffusionspumpe HVPO-120 • Luxmeter • Großer und Kleiner
Ultraschallkopf • Eintauch-Ultraschallgeber • Tonfilmzellen • Photowiderstände •
Meßzellen • Kugelmeßzellen • Meß- und Spezialzellen mit Quarzfenster • Sekundär-
elektronen-Vervielfacher (SEV) • Netzanschlußgerät für SEV • Selen-Photoelemente

BESTELLISTE

Benennung	Dicke der Filter mm	Gewicht kg	Bestell- nummer	Bestell- wort
Hg-Monochromatfilter 45 mm x 45 mm				
Filter A, in Behälter	3,0	0,035	32 86 50	Ueydo
Filter B, in Behälter	8,0	0,090	32 86 51	Ueyep
Filter C, in Behälter	5,0	0,035	32 86 52	Ueygs
Filter D, in Behälter	9,0	0,090	32 86 53	Ueyht
Filter E, in Behälter	3,0	0,030	32 86 54	Ueylx

Die angegebenen Gewichte sind nur annähernd und unverbindlich.

VEB Carl Zeiss JENA

Drahtwort: Zeisswerk Jena

Abteilung für optische Maßgeräte

Fernsprecher 3541

Druckschriften-Nr. **CZ 22-843 c-1**

Waren-Nr. 37 11 33 20

Ag 10/0013/55 V/10/1 3 3275



Hg-Monochromatfilter
FÜR QUECKSILBER- UND HELIUMLICHT

Hg-Monochromatfilter FÜR QUECKSILBER- UND HELIUMLICHT

Hg-Monochromatfilter werden angewandt, um einzelne Linien aus dem Spektrum einer Quecksilber- oder einer Helium-Gasentladungslampe bei geringer Absorption auszusondern. Die hohe Lichtdurchlässigkeit der Filter ist besonders bei der Anwendung für lichtelektrische Photometrie wertvoll. Die von den einzelnen Filtern ausgesonderten Linien sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Die Filter A und B können, wie aus der Tabelle hervorgeht, kombiniert auch für Heliumlicht benutzt werden. Sie liefern dann das rote Licht der Linie 7065,2 Å. Die Filter bestehen aus zwei, bzw. drei miteinander verklebten, haltbaren Farbglässern. Sie sind gegen atmosphärische Einflüsse und starke Belichtung unempfindlich. Ihre Größe beträgt 45 mm x 45 mm. Da neue Schmelzen stets etwas veränderte Eigenschaften besitzen, lassen sich für die Durchlässigkeit der Hauptlinien nur Mindestwerte angeben. Im allgemeinen werden die Durchlässigkeiten für die Hauptlinien aber höher liegen, als in Tabelle 2 angegeben ist. Die Werte für die übrigen Linien stellen Höchstwerte dar, die nicht überschritten werden. Die Reflexionsverluste sind bei den Zahlenwerten der Tabelle in Rechnung gesetzt.

Da die Hg-Monochromatfilter aus Farbglässern kombiniert sind, haben sie ein relativ breites Durchlaßgebiet und liefern nur mit dem Linienspektrum einer Gasentladungslampe monochromatisches Licht. Von Interferenzfiltern, die ebenfalls hohe Maximaldurchlässigkeit besitzen, unterscheiden sie sich vorteilhaft durch ihre geringe Durchlässigkeit für die Sperrgebiete.

TABELLE 1

Filter	Durch die Monochromatfilter ausgesonderte Linien									
	Hg-Linien					He-Linien				
A										
B										
C										
D										
E										
A+B										
Wellenlänge in Å	3654,8	4046,6	4358,3	5461,0	5790,7	5876,0	6678,1	7065,2		

TABELLE 2

Filter	Wellenlänge	Durchlässigkeit für die Hg-Linien					
		5791/70 Å	5461 Å	4358 Å	4047 Å	3655 Å	3341 Å
A	Hg 5790,7 Å Hg 5789,9 Å	> 50 %	< 0,01 %				
B	Hg 5460,7 Å	< 0,1 %	> 75 %	< 0,01 %			
C	Hg 4358,3 Å		< 0,01 %	> 30 %	< 0,8 %		
D	Hg 4046,6 Å			< 2,7 %	> 25 %	< 0,22 %	
E	Hg 3654,8 Å				< 0,05 %	> 40 %	< 0,01 %
		Durchlässigkeit für die He-Linien					
		5876 Å	6678 Å	7065 Å	alle übrigen sichtbaren Linien		
A + B	He 7065,2 Å	0,1 %	0,3 %	65 %	0,1 %		

SECRET**Fertigungsprogramm****Sondererzeugnisse**

Hochvakuum-Bedampfungsapparaturen · Hochvakuum-Meßgeräte · Hochvakuum-Diffusionspumpen · Hochvakuum-Bauelemente · Großer und kleiner Ultraschallkopf · Eintauch-Ultraschallgeber · Photovervielfacher (SEV) für Photometrie und Kerntechnik · Szintillatoren · Netzanschlußgeräte für SEV · Photowiderstände · Photozellen · Meß- und Spezialzellen mit Quarzfenster · Photoelemente · Quarz-Oszillatoren · Graukeile · Präzisions-Meßpotentiometer · Magnetkupplungen

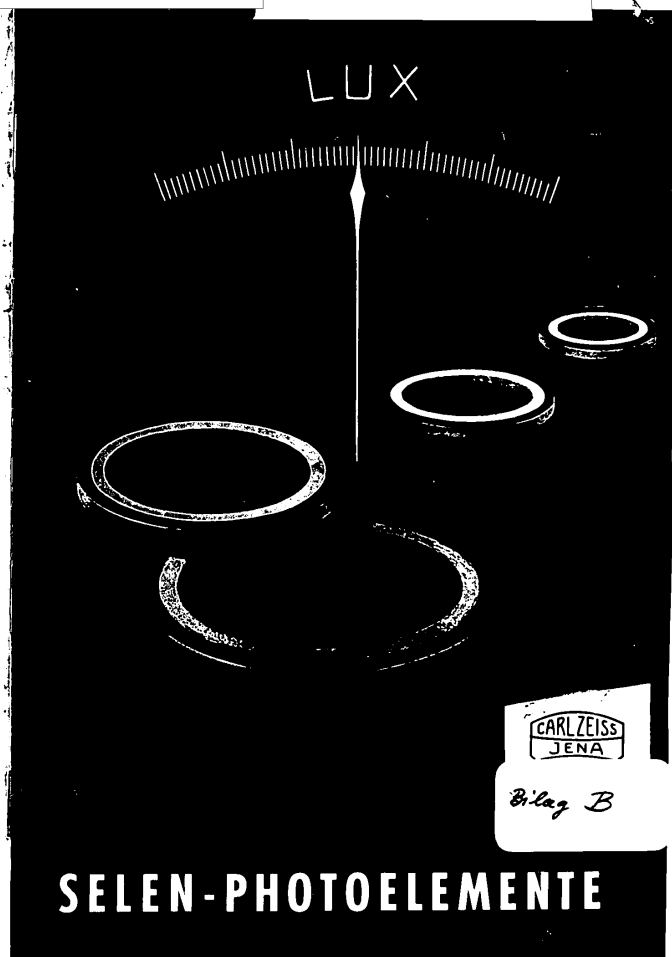
VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Sondererzeugnisse

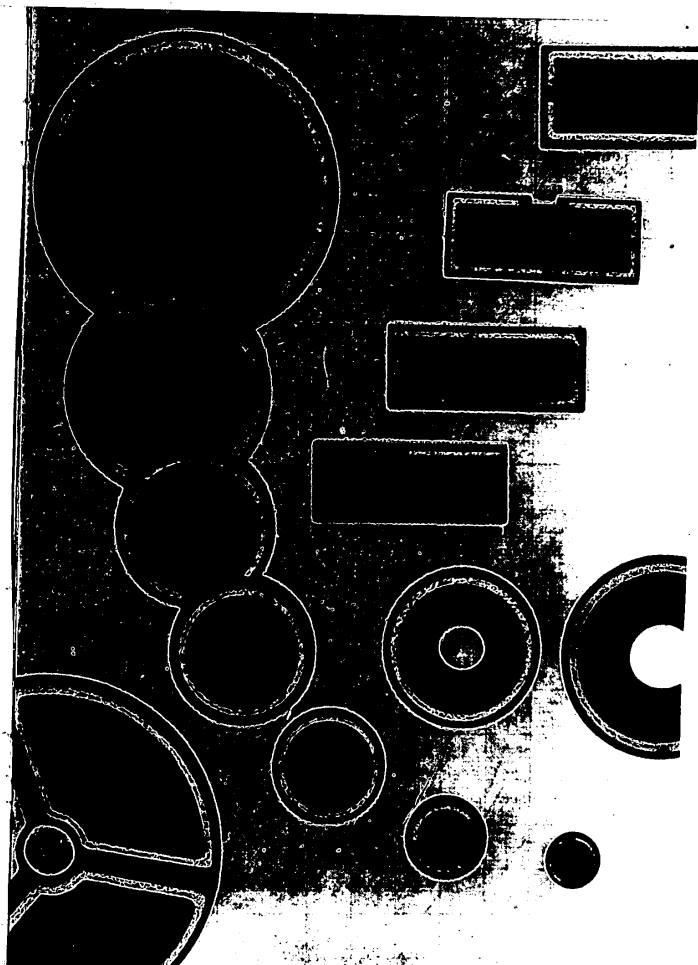
Drahtwort: Zeisswerk Jena · Fernsprecher: Jena 7042 · Fernschreiber: Jena 058 622

Druckschriften-Nr. 40-036c-1 · Waren-Nr. 36 68 80 00

XII. 59. V. Ag 10/110/59. V/10/13

SECRET

Die Bilder sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung der Geräte maßgebend. Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder — soweit sie vorhanden sind — gern zur Verfügung. Die Wiedergabe von Bildern oder Text ohne unsere Zustimmung ist nicht gestattet. Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.



SELEN-PHOTOELEMENTE

In der Beleuchtungs- und Lichttechnik ist das Selen-Photoelement als Strahlungsempfänger nicht mehr wegzudenken. Es verwandelt einen Teil der Energie des aufgestrahlten Lichtes in elektrische Energie und wirkt so im Gegensatz zu Photo- und Widerstandszellen als Element, benötigt also keine zusätzliche Stromquelle. Diese Eigenart macht es für den Einbau in viele lichtelektrische Geräte besonders geeignet.

Unsere Photoelemente bestehen aus einer metallischen Grundplatte mit einer Selen-schicht bestimmter Kristallmodifikation, die ihrerseits wieder eine dünne, lichtdurchlässige Schicht, die sogenannte Deckelektrode, trägt. Diese wird am Rand durch aufgespritzte Kontaktstreifen verstärkt. Gegen mechanische Beschädigungen und atmosphärische Einwirkungen ist die Zelle mit einer geeigneten Lackschicht geschützt. Fällt durch die Deckelektrode Licht auf die Selen-schicht, so werden Elektronen ausgelöst, die zur Deckschicht und über sie zur Randlektrode fließen. Zwischen der Grundplatte und der Deckelektrode kann bei Belichtung des Photoelementes der abgegebene Strom oder die abgegebene Spannung gemessen werden.

Für genaueste lichtelektrische Messungen empfehlen wir unser Skalengalvanometer mit einer Empfindlichkeit von 6 bis $8 \cdot 10^{-10}$ A und einem R_i von 1000 Ω . Es ist mit drei wechselweise einschaltbaren Skalen versehen, einer 1000teiligen, einer Schwärzungs- und einer transformierten Skale, und erspart somit bei den verschiedensten Messungen umständliche Umrechnungen.

Für Messungen im UV stellen wir in Sonderanfertigung Photoelemente mit einer Quarzscheibenabdeckung statt der Lackschicht her, ebenso auf Wunsch Differentialelemente. Ein Differentialelement besteht aus zwei oder mehreren Photoelementen auf einer gemeinsamen Grundplatte, durch schmale Spalte voneinander getrennt. Diese Elemente eignen sich besonders für photometrische Zwecke.

Bei sachgemäßer Behandlung

sind unsere Selen-Photoelemente fast unbegrenzt haltbar

Dabei ist folgendes besonders zu beachten:

Trocknen, kühlen und im Dunkeln lagern

Längere Sonnenbestrahlung vermeiden

Nicht mit Lacklösungsmitteln in Berührung bringen

Vor Säure-, Quecksilber-, Jod- und Chlordämpfen usw. schützen

Keiner hohen Temperatur ($> 50^\circ\text{C}$) für längere Zeit aussetzen

Die Empfindlichkeit eines Photoelementes hängt von verschiedenen Faktoren ab, sowohl vom Außenwiderstand R_a und der Beleuchtungsstärke als auch von der nutzbaren Fläche und dem Verhältnis der beleuchteten zur gesamten nutzbaren Fläche des Elementes. Deshalb ist seine Größe und Form jeweils den vorliegenden Bedingungen anzupassen.

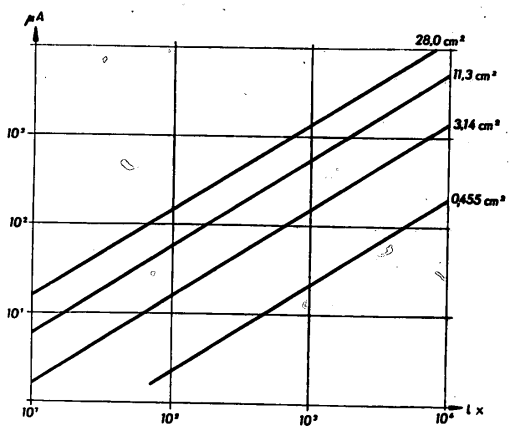


Bild 1. Empfindlichkeit von Selen-Photoelementen verschiedener Flächen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke für $R_a = 0 \Omega$

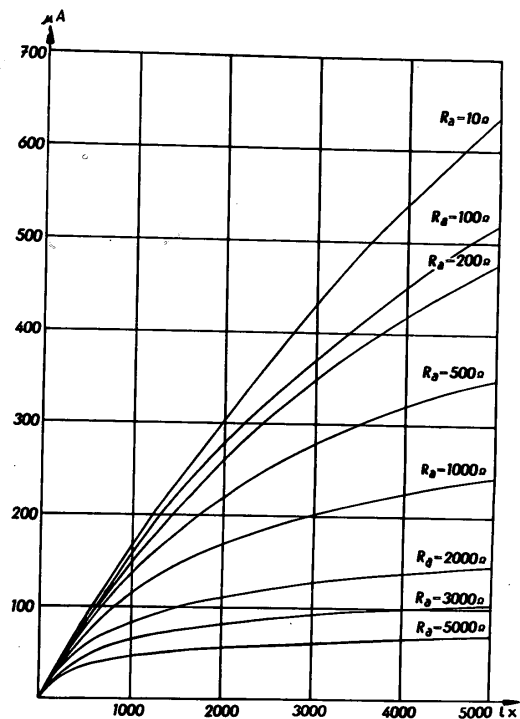


Bild 2. Photostrom eines Selen-Photoelementes 25 Ω in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke und dem Außenwiderstand

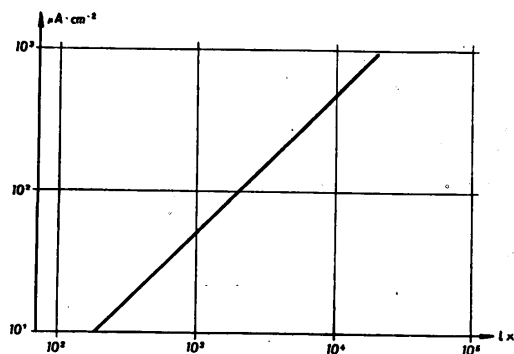


Bild 3. Empfindlichkeit der Photoelemente bis zu einer nutzbaren Fläche von etwa 7 cm², bezogen auf die Flächeneinheit in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke

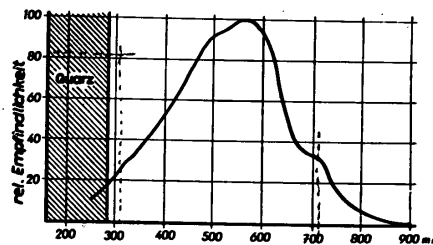
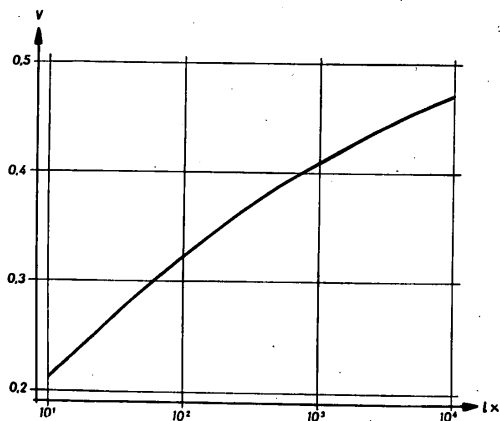


Bild 5. Spektrale Empfindlichkeitsverteilung, bezogen auf energiegleiches Spektrum

Die Kurve der spektralen Empfindlichkeitsverteilung (Bild 5) zeigt, daß das Maximum bei etwa 580 mμ liegt, also ungefähr mit dem der Augenempfindlichkeit übereinstimmt. Durch Filter ist eine noch bessere Anpassung an diese möglich, wobei jedoch bedeutende Lichtverluste auftreten.

Im langwelligen Gebiet reicht die Empfindlichkeit bis nahe an 900 mμ. Aus der Kurve ist auch ersichtlich, daß die Selen-Photoelemente im nahen UV benutzt werden können (mit Quarzdeckglas bis etwa 200 mμ).

Bild 4. Abhängigkeit der Leerlaufspannung von der Beleuchtungsstärke

Daten

Abmessungen mm	Nutzbare Fläche cm ²	Bestellnummer
5 Ø	0,07	36 42 08
12 Ø	0,455	36 42 01
18 Ø	1,32	36 42 02
25 Ø	3,14	36 42 03
32 Ø	4,90	36 42 04
35 Ø	6,60	36 42 05
45 Ø	11,30	36 42 06
67 Ø	28,00	36 42 07
32 Ø mit Bohrung	15 mm	36 42 11
35 Ø mit Bohrung		36 42 12
45 Ø mit Bohrung		36 42 13
22 x 40	5,43	36 42 21
16,8 x 43,4	4,83	36 42 22
18 x 44	5,16	36 42 23

Die Kapazität der Photoelemente beträgt etwa 40 000 pF/cm².

Die Photoelemente mit den obengenannten Größen und Werten sind Normalausführungen. Auf Wunsch fertigen wir jedoch als Sonderanfertigung Elemente mit abweichenden Abmessungen. Wir bitten bei der Bestellung um genaue Angabe der Maße der Elemente und der Lage der Kontaktstreifen (Skizzen erwünscht). Sämtliche Photoelemente werden ohne Fassungen geliefert. Bei ihrem Einbau in Fassungen ist unbedingt darauf zu achten, daß der Druck der benutzten Kontaktfedern 200 g nicht überschreitet, da sonst die Deckschicht zerstört werden kann.

Spektralphotoelement Typ SeD

Der Typ SeD ist ein Strahlungsempfänger auf Selenbasis, bei dem die Empfindlichkeit hauptsächlich im sichtbaren Gebiet des Spektrums liegt. Die spektrale Empfindlichkeitsverteilung dieses Photoelementes entspricht gegenüber der anderer Typen der mittleren Augempfindlichkeitskurve am besten.

Anwendung

Der Typ SeD findet besondere Anwendung in der photometrischen Meßtechnik, z. B. bei Belichtungsmessern, Luxmetern, Photometern, Densitometern und Farbdichtemessern.

Die Photoelemente sind in verschiedenen Kontaktanordnungen mit oder ohne Anschlußdrühte in den üblichen Abmessungen lieferbar.

Technische Daten

Langwellige Grenze λ_0	~ 760 nm
Lage des Maximums	570 ... 580 nm
Integrale Photoempfindlichkeit	$\geq 600 \mu A/lm$
Leerlaufspannung U_L	
bei 3 lx	10 ... 20 mV
bei 10 ⁴ lx	350 ... 450 mV
(gemessen mit Normallichtart A DIN 5033)	

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Sondererzeugnisse

Drahtwort: Zeisswerk Jena · Fernsprecher: Jena 7042
Fernschreiber: Jena 058 622

Druckschriften-Nr. 40-601-1

018

Ag 070/20/01/1/60

Unser Fertigungsprogramm

enthält außerdem folgende lichtelektrische Empfänger

Photozellen

MV	Meßzelle	rotempfindlich	Vakuumzelle
MVS	Meßzelle	blauempfindlich	Vakuumzelle
MOVS	Meßzelle	blauempfindlich	Vakuumzelle
MG	Meßzelle	rotempfindlich	mit Gasfüllung
MGS	Meßzelle	blauempfindlich	mit Gasfüllung
MQGS	Meßzelle	blauempfindlich	mit Gasfüllung
MKS	Spezialzelle	blauempfindlich	mit Gasfüllung
MKV	Kugelmeßzelle	rotempfindlich	Vakuumzelle
MKVS	Kugelmeßzelle	blauempfindlich	Vakuumzelle
MKQS	Kugelmeßzelle	blauempfindlich	Vakuumzelle
MKG	Kugelmeßzelle	rotempfindlich	mit Gasfüllung
MKGS	Kugelmeßzelle	blauempfindlich	mit Gasfüllung
MKQVS	Kugelmeßzelle	blauempfindlich	Vakuumzelle
MKQGS	Kugelmeßzelle	blauempfindlich	mit Gasfüllung
TZ	Tonfilmzelle	rotempfindlich	mit Gasfüllung

Photowiderstände

Kadmiumsulfid-Kristallphotowiderstände (CdS) mit und ohne Fassung

Kadmiumselenid-Photowiderstände (CdSe)

Bleisulfid-Photowiderstände (PbS)

Bleisulfid-Photowiderstände (PbS) gekühlt

Photovervielfacher (SEV)

M 12 F 35 mit Frontkathode rotempfindlich

M 12 FS 35 mit Frontkathode blauempfindlich

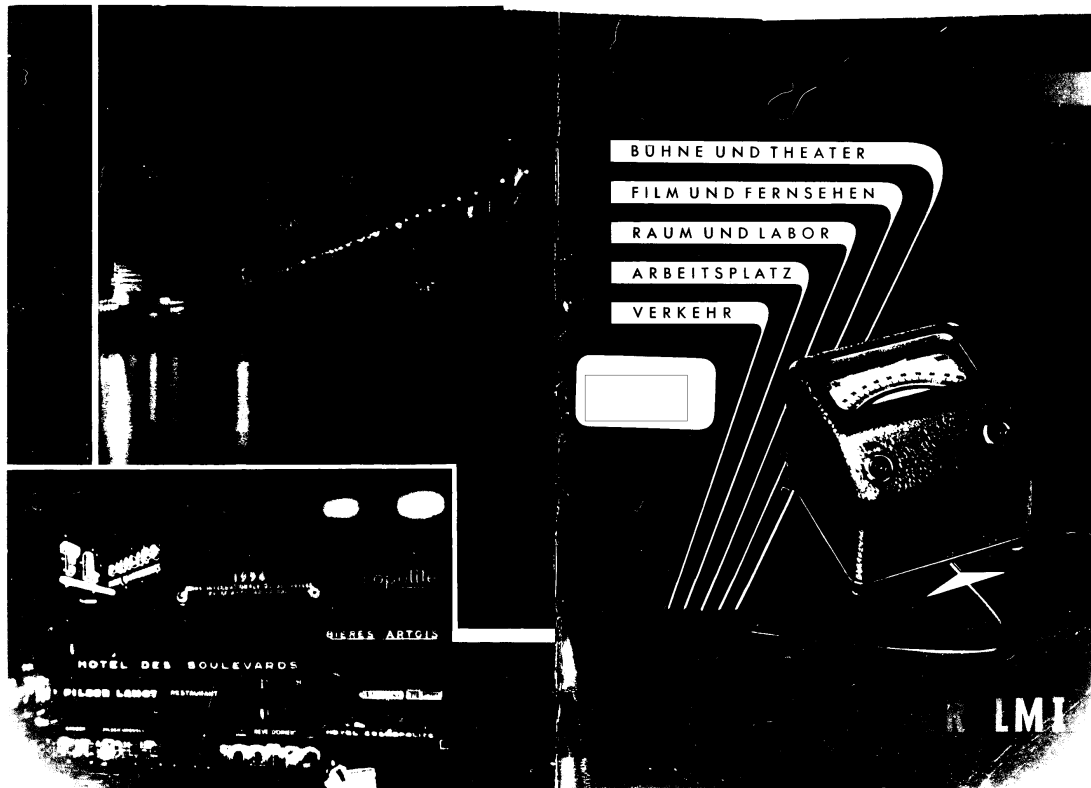
M 12 FQ 35 mit Frontkathode blauempfindlich

M 12 FS 60 mit Frontkathode blauempfindlich

M 12 FS 100 mit Frontkathode blauempfindlich

M 13 gekühlt rotempfindlich

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3



50X1-HUM

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Optische Meßgeräte

Drahtwort: Zeisswerk Jena

Fernsprecher: Jena 7042 · Fernschreiber: Jena 058 622

Druckschriften-Nr. 32-846a-1

V-14-6 3 2279 Ag 010-30 137-80 76135

Metallinterferenzfilter



50X1-HUM

50X1-HUM

50X1-HUM



Interferenzfilter sind optische Filter, die eine auftreffende Strahlung durch Interferenz verändern. „Metallinterferenzfilter“ besitzen spezielle Filtereigenschaften. Sie bestehen aus dünnen, im Hochvakuum aufgedampften, möglichst absorptionsfreien dielektrischen Schichten, deren Dicke in der Größenordnung der Wellenlängen des sichtbaren Lichtes liegt. Zur Erhöhung der Reflexion an den Grenzflächen sind sie mit teildurchlässigen Metallschichten belegt.

Die Farbe der Filter – Durchlaßgebiet maximaler Transmission – ist von der Dicke der dielektrischen Schicht h abhängig, sie kann beliebig hergestellt werden. Darüber hinaus sind die Filter, wie es bei allen Interferenzerscheinungen der Fall ist, winkelahhängig.

Metallinterferenzfilter dienen zur Ausfilterung sehr schmaler Wellenlängenbereiche aus einem Kontinuum oder zur Abtrennung von Spektrallinien aus einem Linienspektrum.

Sie werden außer im durchfallenden Licht auch als selektive Spiegel benutzt. Im reflektierten Licht fehlen die Wellenlängen der einfallenden Strahlung, für die die Filter Durchlaßstellen besitzen. Durch Mehrfachspiegelung läßt sich aus der einfallenden Strahlung ein ganz bestimmter Wellenlängenbereich fast völlig entfernen.

Metallinterferenzfilter werden heute unter anderem in Wissenschaft und Technik überall dort angewendet, wo sie wegen der großen Intensität der hindurchgelassenen Strahlung Vorteile gegenüber einem Monochromator besitzen.

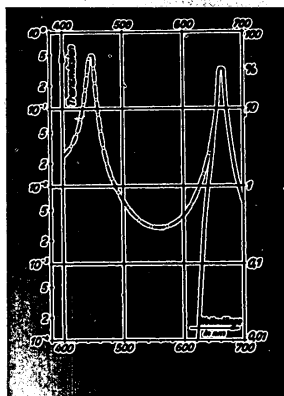
Anwendung der Metallinterferenzfilter

Nicht immer ist die Forderung an die Monochromasie des Lichtes so hoch, daß ein Monochromator benötigt wird. Vielmehr ist an einer bestimmten Stelle monochromatisches Licht unentbehrlich, dessen Erzeugung auf kleinstem Raum vorgenommen werden muß, so daß schon aus diesem Grunde ein Monochromator nicht in Frage kommt. Überall dort wendet man heute Metallinterferenzfilter an. Sie haben gegenüber Monochromatoren und Spektrollampen den Vorteil großer Intensität der hindurchgelassenen Strahlung, die sich durch Wahl geeigneter Lichtquellen und entsprechender Filterabmessungen variieren läßt. Selbstverständlich kann die spektrale Reinheit dieser Strahlung nicht mit der eines guten Monochromators gleichgesetzt werden.

Daten

Bild 1 zeigt die für alle Metallinterferenzfilter typische Durchlaßkurve für zentralen Lichteinfall eines Parallelstrahlenbündels. Als Abszisse ist die Wellenlänge λ aufgetragen, als Ordinate die Transmission τ logarithmisch geteilt.

Bild 1



Das Filter des Bildes 1 besitzt im Spektralgebiet von 400 bis 700 nm die Durchlaßstellen 2. und 3. Ordnung bei 666 und 450 nm. Um das Filter zum Monochromatfilter zu machen, werden bei der Herstellung Farbgläser aufgeklebt, die die unerwünschten Durchlaßordnungen absorbieren. Dadurch ändert sich der Transmissionsverlauf so, daß nur der im Bild ausgezogene schmale Wellenlängenbereich übrigbleibt, während der Rest (gestrichelt) völlig absorbiert wird.

Die Gütefaktoren eines Metallinterferenzfilters, nämlich Transmission im Maximum $\tau_{\max}$, Halbwertsbreite $HwBr$ und das Verhältnis von maximaler zu minimaler Intensität, sind durch den Reflexionsfaktor r der Metallschichten miteinander gekoppelt und nicht unabhängig voneinander wählbar. Dabei wollen wir unter Halbwertsbreite die Differenz der Wellenlängen verstehen, bei denen die Transmission auf den halben Maximalwert abgesunken ist.

Diese Größe ist theoretisch gegeben durch

$$HwBr = \frac{1}{m} \times \frac{1-r}{\pi \sqrt{r}} \times \lambda_{\max}$$

wobei m die Ordnungszahl und $\lambda_{\max}$ die Wellenlänge maximaler Transmission ist.

Unsere Metallinterferenzfilter haben eine durchschnittliche Maximaltransmission von etwa 35% bei einer Halbwertsbreite von 8 bis 15 nm. Diese Werte sind so gewählt, damit zwischen den drei eingangs genannten Gütefaktoren eines Homogenfilters etwa optimale Verhältnisse bestehen. Das Verhältnis zwischen maximaler und minimaler Transmission ist in der Regel größer als 300.

Für nicht mit Farbglas verklebte Filter ist der spektrale Verlauf des Durchlaßgrades in der Nähe des Transmissionsmaximums annähernd symmetrisch. Kennzeichnend sind folgende drei Daten:

Wellenlänge maximaler Transmission $\lambda_{\max}$

maximale Transmission $\tau_{\max}$

Halbwertsbreite $HwBr$

Diese drei Größen reichen aus, den Transmissionsverlauf in der Umgebung des Maximums zu bestimmen.

Er ist gegeben durch:

$$\tau = \frac{1}{1 + 4 \left(\frac{\Delta \lambda}{HwBr} \right)^2} \times \tau_{\max}$$

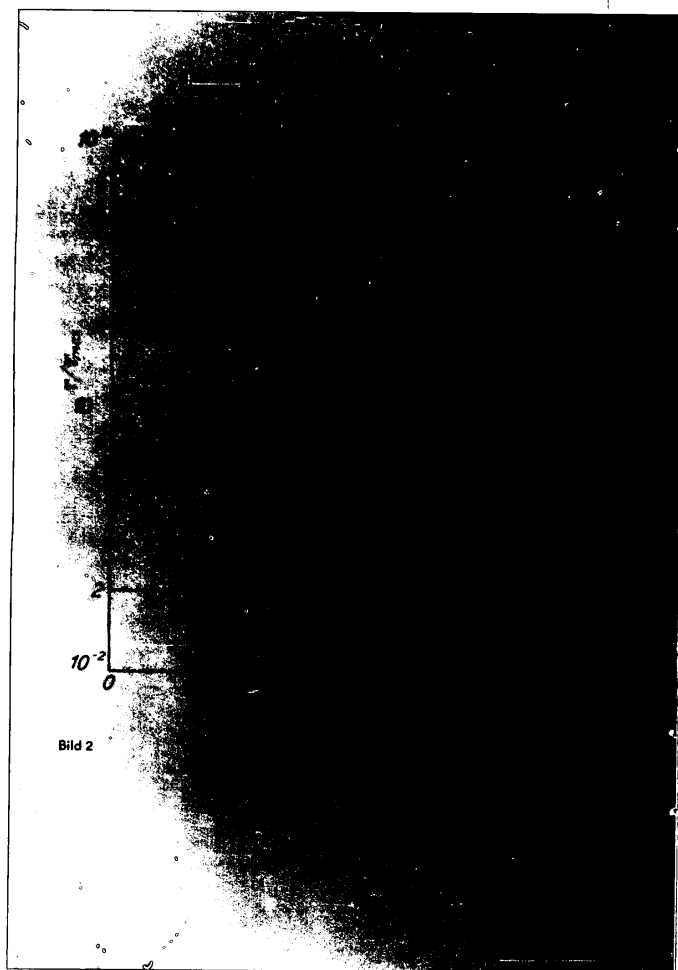


Bild 2

wobei τ die Transmission im Abstand $\Delta\lambda$ von der Wellenlänge maximaler Transmission ist.

Trägt man das Verhältnis $\tau/\tau_{\max}$ über $\Delta\lambda/HwBr$ auf, so bekommt man eine Kurve, die für alle Metallinterferenzfilter charakteristisch ist. Bild 2 zeigt diese Kurve (ausgezogen).

In Tabelle 1 sind die Werte für $\tau/\tau_{\max}$ in Abhängigkeit von $\Delta\lambda/HwBr$ angegeben.

Tabelle 1

$\frac{\Delta\lambda}{HwBr}$	Einfachfilter $\tau/\tau_{\max}$	Doppelfilter $\tau/\tau_{\max}$
0,05	0,99	0,99
0,1	0,96	0,97
0,15	0,92	0,93
0,2	0,86	0,88
0,4	0,61	0,63
0,5	0,50	0,50
0,6	0,41	0,39
0,8	0,28	0,24
1,0	0,20	0,14
1,5	0,10	0,045
2,0	0,059	0,017
2,5	0,038	0,008

Der Nutzen dieser charakteristischen Kurve sei an folgendem Beispiel erläutert:
Ein Filter zum Aussondern der grünen Quecksilberlinie 546 nm hat die maximale Durchlässigkeit von 30% bei einer Halbwertsbreite von 8 nm.

Wie groß ist die Durchlässigkeit 20 nm vom Maximum entfernt an der Stelle 566 nm?

$$\frac{\Delta \lambda}{HwBr} = 2,5$$

Aus Tabelle 1 entnimmt man für 2,5 den Wert 0,038.

τ ist also $0,038 \times 30 \% \approx 1 \%$.

Das nicht mit Farbglass verkittete Filter läßt demnach an der Stelle 366 nm nur noch 1% der einfallenden Strahlung hindurch. Die zusätzliche Farbglassverkittung ergibt in jedem Fall eine Verkleinerung der Durchlässigkeit, so daß immer gesagt werden kann: Die wirkliche Transmission liegt stets unter derjenigen, die aus der charakteristischen Kurve resultiert. Dies ist eine Faustformel, mit deren Hilfe man sich schnell über den etwaigen Verlauf eines gegebenen Filters zu orientieren vermag.

Es interessieren jedoch nicht nur die Transmissionswerte in der Umgebung des Maximums; vielmehr werden für verschiedene Problemstellungen – wie in der Flammenphotometrie – Angaben über Durchlaßwerte in fernerer Spektralgebieten interessieren, speziell in den Gebieten, in denen die Spektrallinien der störenden Elemente liegen. Unter anderen können heute die Filter Mg 38, Sr 46, Na 59, Ca 63, Li 67 und K 77 zur Bestimmung von Magnesium, Strontium, Natrium, Kalzium, Lithium und Kalium zur Flammenphotometrausrüstung geliefert werden; Tabelle 2 gibt Auskunft darüber, wie groß die Transmission der genannten Filter an den Stellen der Spektrallinien der angeführten Elemente, bezogen auf das Maximum der Transmission, ist. Diese Zahlen ermöglichen eine sehr gute Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Metallinterferenzfilter.

Im allgemeinen wird die Selektivität der Filter für die zu lösenden Aufgaben ausreichen. In manchen Fällen jedoch, wenn es sich z. B. darum handelt, eine schwache Spektrallinie von einer benachbarten stärkeren zu trennen, wird man Doppelinterferenzfilter bevorzugen.

Es handelt sich hierbei um zwei Filter gleicher Wellenlänge maximaler Transmission und gleicher Halbwertsbreite.

Bild 3 zeigt den Transmissionsverlauf eines Doppelinterferenzfilters.

Die Doppelfilter zeichnen sich gegenüber den Einfachfiltern durch größere Steilheit der Flanken und damit auch durch geringere Halbwertsbreite und Restdurchlässigkeit aus.

Die Transmission eines Doppelfilters in der Umgebung des Maximums ist gegeben durch

$$\tau = \frac{1}{\left[1 + 1,666 \left(\frac{\Delta \lambda}{HwBr}\right)^2\right]^2} \times \tau_{\max}$$

Tabelle 2

Filter max	$\tau/\tau_{\max}$ bei 383 nm	$\tau/\tau_{\max}$ bei 460 nm	$\tau/\tau_{\max}$ bei 589 nm	$\tau/\tau_{\max}$ bei 625 nm	$\tau/\tau_{\max}$ bei 671 nm	$\tau/\tau_{\max}$ bei 770 nm
Mg 38 383 nm	1	1:410	1:285 000	1:125 000	1:60 000	1:1100
Sr 46 461 nm		1	1:40 000	1:26 000	1:6500	1:785
Na 59 589 nm	0000	0000	1	1:60	1:140	1:150
Ca 63 625 nm	0000	0000	1:11 000	1	1:110	1:435
Li 67 671 nm	0000	0000	1:145 000	1:2500	1	1:170
K 77 770 nm	0000	0000	0000	0000	1:21 000	1

0000 bedeutend kleiner als 1 : 500 000.

Bild 2 zeigt gestrichelt die charakteristische Kurve eines Doppelfilters und Spalte 3 der Tabelle 1 die entsprechenden Werte dazu. Die Steilheit der Flanken wird zwar erkauft auf Kosten der maximalen Transmission, bringt aber dafür – was in diesem Falle wichtiger ist – viel stärkere Selektivität.

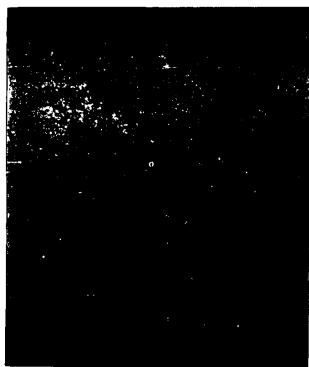


Bild 3

Wenn ein Einfachfilter die maximale Transmission von 40% bei einer Halbwertsbreite von 10 nm hat, so hat ein Doppelfilter, aus zwei solchen Filtern hergestellt, nur noch eine Transmission von 16% bei einer Halbwertsbreite von $0,644 \cdot 10$ nm. Die Transmission des Einfachfilters ist im Minimum etwa 10^{-3} , während die des Doppelfilters auf 10^{-6} absinkt. Das Verhältnis von maximaler zu minimaler Transmission, das im ersten Fall etwa 400 beträgt, steigt bei Verdoppelung auf 160 000.

Dieser Gewinn an Selektivität hebt den Verlust an Maximaldurchlässigkeit wohl reichlich auf.

Die drei technischen Daten – λ_{max} , τ_{max} und HwBr –, die für jedes Filter von uns angegeben werden, gelten für senkrechten Durchgang eines Parallelstrahlenbündels.

10

Bei Neigung im Parallelstrahlengang verschiebt sich das Maximum nach kürzeren Wellen. Hinzu kommt eine Aufspaltung in zwei senkrecht zueinander polarisierte Einzelmaxima. Die Aufspaltung wird mit wachsendem Winkel größer. Bild 4 gibt die Aufspaltung und Verschiebung der Wellenlänge maximaler Transmission bei Neigung im Parallelstrahlengang wieder.

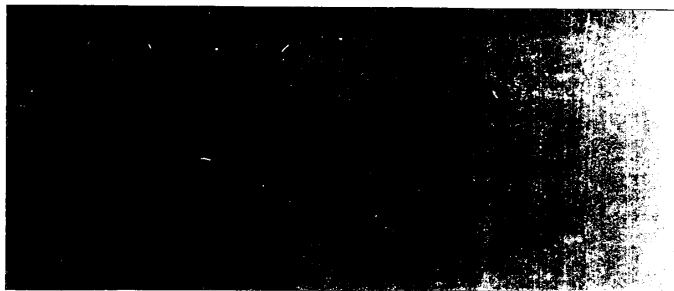


Bild 4

In Bild 5 ist der Transmissionsverlauf eines Metallinterferenzfilters bei senkrechter Durchstrahlung (ausgezogen) und bei einem Winkel von 50° zwischen einfallendem Licht und Filternormale (gestrichelt) dargestellt.

Es ist also möglich, lediglich durch Neigen des Filters die Wellenlänge maximaler Transmission um einige Nanometer zu verschieben.

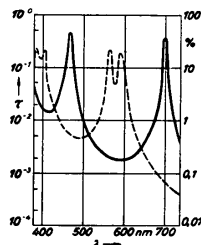


Bild 5

11

Die Neigung kann somit gewissermaßen als „Feineinstellung“ für die gewünschte Wellenlänge dienen.

Bei Anwendung im konvergenten Licht gelten für die einzelnen Strahlrichtungen unterschiedliche $\lambda_{\max}$ -Werte. Somit ergibt sich eine Transmissionskurve, die durch Überlagerung der gegeneinander verschobenen Kurven für die einzelnen Strahlrichtungen zustande kommt. Es ist zweckmäßig, bei Anwendung im telezentrischen Strahlengang die Neigung der Filternormale gegen die optische Achse 20° nicht übersteigen zu lassen. Desgleichen sollte der halbe Öffnungswinkel eines nicht-telezentrischen Strahlengangs diesen Winkel nicht überschreiten.

Homogenität eines Filters hinsichtlich der Wellenlänge maximaler Transmission wird erreicht durch strenge Planparallelität der Schichten. Da das Aufdampfen dünner Schichten in vollkommen gleicher Schichtdicke praktisch unmöglich ist, zeigen die Filter geringe Inhomogenitäten, die aber auf ein Mindestmaß herabgedrückt sind. Sie sind kleiner als die von uns genannten Toleranzen für die gewünschte Schwerpunktlage der Spezialinterferenzfilter. Die Toleranz für $\lambda_{\max}$ beträgt für diesen Typ 0,5% der Wellenlänge.

Verlaufende Metallinterferenzfilter

Wird die Planparallelität der Schichten verlassen und statt dessen etwa in einer Richtung ein Keil aufgedampft, dann verschiebt sich mit zunehmender Dicke die Wellenlänge maximaler Transmission nach längeren Wellen.

Bei den von uns hergestellten Verlauffiltern ist auf einen Glasstreifen von $20 \text{ mm} \times 76 \text{ mm}$ eine Keilschicht in der Längsrichtung so aufgedampft, daß sich die Wellenlänge maximaler Transmission auf einer Strecke von 70 mm von 400 bis 750 nm linear verschiebt. Die Steigung beträgt 5 nm/mm.

Mit ebenfalls keilförmigen Metallschichten wird erreicht, daß auch die optischen Werte – Durchlässigkeit und Halbwertsbreite – über das gesamte Spektrum hinweg annähernd konstant sind.

Durch Ausblenden eines schmalen Streifens wird das Filter zu einem kleinen Monochromator, wenn man dafür sorgt, daß die Blende längs des Filters verschiebbar ist. Das Auflösungsvermögen dieses Monochromators ist gegeben durch

$$\frac{\lambda}{\Delta \lambda} = \frac{\lambda_{\max}}{HwBr}$$

Ein Optimum ist bei einer Blende von 1 mm Breite erreicht. Mit schmalere Blenden läßt sich das so definierte Auflösungsvermögen nicht überschreiten. Zu enge Spalte würden nur eine Schwächung der Intensität zur Folge haben.

Die Selektivität kann auch hier durch Verdoppelung wesentlich gesteigert werden.

Schrifttum

- Geffcken, W.: Neuartige Interferenzlichtfilter. Z. angew. Chem. A 60 (1948) H. 1.
 Günzler, H.: Messung kleinster Durchlässigkeiten an Farbglässern und Metallinterferenzfiltern. Feingerätetechn. 4 (1955) H. 12, S. 550–557.
 Günzler, H.: Farbgläser und Metallinterferenzfilter. Feingerätetechn. 5 (1956) H. 10, S. 441–448.
 Günzler, H.: Zur visuellen Anwendung der Metallinterferenzfilter. Feingerätetechn. 7 (1958) H. 8, S. 354–360.
 Rötger, H.: Das Jenaer Interferenzfilterspektroskop. Exper. Techn. d. Phys. 3 (1955) S.-H., S. 88–103.
 Schläfer, R.: Interferenzfilter für den Chemiker. Dechema-Monogr. 17 (1951) S. 138.

Übersicht über das Fertigungsprogramm

Filterart	Filtertyp	
Homogenfilter		
UV-Interferenzfilter	UV-Interferenzfilter (UVIF)	(UVIF)
	UV-Spezialinterferenzfilter (UVSIF)	(UVSIF)
Interferenzfilter	Interferenzfilter (IF)	(IF)
	Spezialinterferenzfilter (SIF)	(SIF)
Doppelinterferenzfilter	Doppelinterferenzfilter (DIF)	(DIF)
	Doppelspezialinterferenzfilter (DSIF)	(DSIF)
Lichtfilter	Ø = 50,2 mm (LF)	(LF)
	Ø = 40 mm	
Verlauffilter		
Verlaufinterferenzfilter	Länge 76 mm (VIF)	(VIF)
	400 ... 750 nm	
Doppelverlaufinterferenzfilter	Länge 76 mm (DVIF)	(DVIF)
	400 ... 750 nm	

UV-Interferenzfilter und Interferenzfilter von 330 bis 1100 nm werden für Standardwellenlängen regelmäßig hergestellt. Bei Abnahme bestimmter Mindestmengen sind sie für alle Wellenlängen zwischen 330 bis 1100 nm lieferbar. Soweit Lagerbestände vorhanden, ist es möglich, auch Einzelstücke bei abweichenden Wellenlängen abzugeben. Es empfiehlt sich in jedem Falle eine vorherige Rückfrage.

Wir unterscheiden zwei Toleranzstufen für die Wellenlängen maximaler Transmission:

Der geforderte Sollwert der Wellenlänge maximaler Transmission ist eingehalten für

Interferenz- und Doppelinterferenzfilter ... mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$
Spezialinterferenz- und Doppelspezialinterferenzfilter

mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$

Wir liefern einen Standardsatz, in Behälter, bestehend aus:

- 31 Interferenzfilter für die Wellenlängen 350 bis 1100 nm in Abständen von 25 zu 25 nm
2 Spezialinterferenzfilter Na 589 nm Hg 436 nm

Die ungefähren Werte für maximale Transmission und Halbwertsbreite der Standardfilter lassen sich der Tabelle 3 entnehmen. Sind wesentlich abweichende Werte hiervon erwünscht, empfiehlt sich eine Anfrage. Auch hier wird die Abnahme einer Mindestmenge Voraussetzung für eine Lieferung sein.

Tabelle 3

Standardwellenlängen und Toleranzen
UV-Interferenzfilter

$\lambda_{\max}$ (nm)	Abweichung von $\lambda_{\max}$ (nm)		$\tau_{\max}$ (%) etwa	HwBr (nm)
	UVIF	UVSIF		
333	± 5	± 2	25	10 ... 20
350	± 5	± 2	25	10 ... 20
365	± 5	± 2	30	10 ... 16
375	± 5	± 2	30	10 ... 16
383	± 5	± 2	30	10 ... 16

Interferenzfilter

$\lambda_{\max}$ (nm)	IF		SIF		DIF		DSIF	
	$\tau_{\max} \approx 35\%$ mind. 29%		$\tau_{\max} \approx 35\%$ mind. 25%		$\tau_{\max} \approx 15\%$ mind. 8%		$\tau_{\max} \approx 15\%$ mind. 8%	
	Abwg. v. $\lambda_{\max}$ (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. $\lambda_{\max}$ (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. $\lambda_{\max}$ (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. $\lambda_{\max}$ (nm)	HwBr (nm)
400	± 4	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 4	5 ... 10	± 2	5 ... 10
405 Hg	± 4	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 4	5 ... 10	± 2	5 ... 10
425	± 4	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 4	5 ... 10	± 2	5 ... 10
436 Hg	± 4	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 4	5 ... 10	± 2	5 ... 10
450	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
461 Sr	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
466 Cd	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
475	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
480 Cd	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
491 Hg	± 5	8 ... 12	± 2	8 ... 12	± 5	5 ... 10	± 2	5 ... 10
500	± 5	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 5	5 ... 9	± 3	5 ... 9
510 Cu	± 5	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 5	5 ... 9	± 3	5 ... 9
525	± 5	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 5	5 ... 9	± 3	5 ... 9
535 Ti	± 5	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 5	5 ... 9	± 3	5 ... 9
546 Hg	± 5	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 5	5 ... 9	± 3	5 ... 9
550	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
554 Ba	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
575	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
578 Hg	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
589 Na	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
600	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9
616 Ca	± 6	7 ... 11	± 3	7 ... 11	± 6	5 ... 9	± 3	5 ... 9

λ_{max} (nm)	Abwg. v. λ_{max} (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. λ_{max} (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. λ_{max} (nm)	HwBr (nm)	Abwg. v. λ_{max} (nm)	HwBr (nm)
625 Ca	+6	7...11	+3	7...11	+6	5...9	+3	5...9
650	+7	7...11	+3	7...11	+7	5...9	+3	5...9
656 H	+7	7...11	+3	7...11	+7	5...9	+3	5...9
671 Li	+7	7...11	+3	7...11	+7	5...9	+3	5...9
675	+7	7...11	+3	7...11	+7	5...9	+3	5...9
700	+7	8...12	+4	8...12	+7	5...10	+4	5...10
707 Sr	+7	8...12	+4	8...12	+7	5...10	+4	5...10
725	+7	8...12	+4	8...12	+7	5...10	+4	5...10
750	+8	8...12	+4	8...12	+8	5...10	+4	5...10
768 K	+8	8...12	+4	8...12	+8	5...10	+4	5...10
775	+8	10...16	+4	10...16	+8	6...12	+4	6...12
787 Rb	+8	10...16	+4	10...16	+8	6...12	+4	6...12
791 Ba	+8	10...16	+4	10...16	+8	6...12	+4	6...12
800	+8	10...16	+4	10...16	+8	6...12	+4	6...12
825	+8	10...16	+4	10...16	+8	6...12	+4	6...12
850	+9	10...16	+4	10...16	+9	6...12	+4	6...12
852 Cs	+9	10...16	+4	10...16	+9	6...12	+4	6...12
875	+9	10...16	+4	10...16	+9	6...12	+4	6...12
894 Cs	+9	10...16	+4	10...16	+9	6...12	+4	6...12
900	+9	22	+5	22	+9	16	+5	16
925	+9	22	+5	22	+9	16	+5	16
950	+10	22	+5	22	+10	16	+5	16
975	+10	22	+5	22	+10	16	+5	16
1000	+10	22	+5	22	+10	16	+5	16
1014 Hg	+10	22	+5	22	+10	16	+5	16
1025	+10	22	+5	22	+10	16	+5	16
1050	+11	22	+6	22	+11	16	+6	16
1075	+11	22	+6	22	+11	16	+6	16
1100	+11	22	+6	22	+11	16	+6	16

Nebenmaxima im Spektralgebiet von 330 bis 1100 nm werden durch aufgeklebte Farbgläser unterdrückt. Die Wahl der geeigneten Farbgläser bleibt uns überlassen und kann sich je nach den zur Verfügung stehenden Gläsern ändern.

Abmessungen der Filter

Sämtliche Homogenfilter sind in der Größe von 50,2 mm Durchmesser lieferbar. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich der Nutzdurchmesser der Filter durch einen unbedampften Schutzrand von 1 mm Breite auf etwa 48 mm verringert. Zur Vermeidung von Witterungseinflüssen werden die Filter mit einer aus drei Schichten bestehenden Randverklebung versehen.

Die äußeren Abmessungen sind wie folgt eingehalten:

Durchmesser 50,2 mm + 0
- 0,1

Dicke

Interferenzfilter } geringer als 6,5 mm
Spezialinterferenzfilter }
Doppelinterferenzfilter } geringer als 8,5 mm
Doppelspezialinterferenzfilter }

Bei Bestellung anderer Größen als 50,2 mm Durchmesser müssen ebenfalls – wie bei Abweichungen von den Standardwellenlängen – Mindestmengen abgenommen bzw. Mindestmengenzuschläge berechnet werden.¹⁾

Mindestbestellungen bei abweichenden Größen und abweichenden Wellenlängen

Durchmesser	Stück
11 ... 28 mm	80
29 ... 49 mm	40
50 ... 80 mm	25

Bei abweichenden Größen empfiehlt sich in jedem Fall eine vorherige Anfrage. Auf Lager befindliche Stücke liefern wir auch einzeln. Von der kreisförmigen Gestalt abweichende Filter können, soweit sie in einen Kreis von 75 mm Durchmesser hineinpassen, nach vorheriger Rücksprache auf Wunsch als Sonderanfertigung hergestellt werden.

Filter für flammenphotometrische Messungen

Für die Anwendung in Flammenphotometern liefern wir folgende Sonderfilter, die den Besonderheiten der Flammenphotometrie²⁾ angepaßt sind:

Typ	λ_{max} (nm)	τ_{max} (%)	HwBr (nm)
Mg 38	381 ... 385	> 28	< 16
Sr 46	459 ... 463	> 25	< 10
Cu 51	508 ... 512	> 25	< 10
Tl 54	533 ... 537	> 25	< 10
Ba 55	552 ... 556	> 20	< 10
Na 59	586 ... 592	> 20	< 9
Ca 63	619 ... 631	> 25	< 10
Li 67	668 ... 674	> 25	< 12
K 77	762 ... 774	> 40	< 20
Rb 79	780 + 6 ... 793 + 3	> 25	< 15
Ba 79	787 ... 793	> 25	< 15

Bei Bestellung genügt die Angabe der Typenbezeichnung, z. B. Mg 38, Ca 63 usw.

¹⁾ Bei Bestellung genügen die Angabe des λ_{max} und die äußeren Maße, wenn diese vom Normdurchmesser 50,2 mm abweichen. Die gewünschte Toleranzstufe kann angegeben werden.

²⁾ Methodische Hinweise s. Druckschrift 32-627-1 mit Ergänzung und 32-V604-1.

Filter für den photoelektrischen Zusatz zum Pulfrich-Photometer (ELPHO)

Für unser ELPHO liefern wir folgende Sonderfilter¹⁾:

Typ	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\tau_{\max}$ (%)	HwBr (nm)
I 57 A	571 ... 577	≥ 30	≤ 15
I 58 A	585 ... 591	≥ 30	≤ 15
I 61 A	616 ... 622	≥ 30	≤ 15
I 63 A	635 ... 641	≥ 30	≤ 15
I 66 A	662 ... 668	≥ 30	≤ 15
I 69 A	690 ... 696	≥ 30	≤ 15
I 75 A	746 ... 754	≥ 30	≤ 15

Bei Einzelbestellung genügt die Angabe der Typenbezeichnung.

Lichtfilter

Sehr häufig ist monochromatisches Licht erforderlich, ohne daß dabei besonderer Wert auf eine ganz bestimmte, hinsichtlich der Lage eng folorierte Wellenlänge gelegt wird. Es reicht dann meistens aus, wenn der Sollwert für die Wellenlänge maximaler Transmission innerhalb eines Bereichs von 40 nm liegt. Ein entsprechend zusammengestellter, preisbegünstigter Satz, der aus sechs Interferenzfiltern besteht und die sechs Wellenlängenbereiche

450 ... 490 nm
490 ... 530 nm
530 ... 570 nm
570 ... 610 nm
610 ... 650 nm
650 ... 690 nm

umfaßt, würde diesem Zweck genügen.

Für den kompletten Satz beträgt der Abstand zweier Filter aus benachbarten Bereichen mindestens 20 nm.

Die Lichtfilter sind auf Anfrage²⁾ satzweise und einzeln lieferbar in den Größen von 50,2 und 40 mm Durchmesser, $\tau_{\max}$ etwa 35 %, mindestens 25 %, HwBr 8 bis 12 nm.

¹⁾ Methodische Hinweise s. Druckschrift 32432-I.

²⁾ Bei Einzelbestellungen von Lichtfiltern ist die Angabe des Bereichs und des Durchmessers notwendig.

Verlauffilter

Verlaufinterferenzfilter und Doppelverlaufinterferenzfilter besitzen Durchlaßstellen 2. Interferenzordnung. Zur Ausschaltung der sich überlagernden höheren Ordnungen werden sie mit entsprechenden Farbgläsern verkittet.

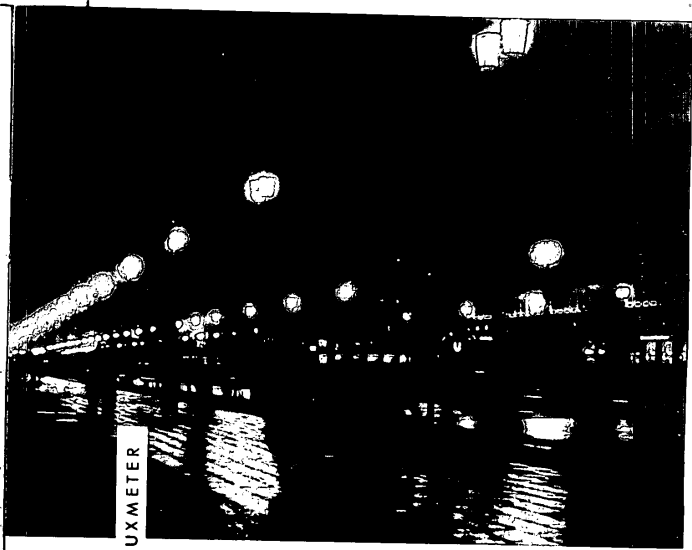
Äußere Maße (in mm)	76,2 × 20,2 × 6
Filternutzfläche (in mm)	74 × 18

Optische Daten	HwBr
Verlaufinterferenzfilter	$\tau_{\max} \approx 35\%$ mind. 25% 8 ... 12 nm
Doppelverlaufinterferenzfilter	$\tau_{\max} \approx 15\%$ mind. 8% 5 ... 10 nm

Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Filtermitte, diese liegt bei $\lambda_{\max} = 575 \text{ nm} \pm 1\%$.

Zu sämtlichen Verlauffiltern werden Eichwerte kostenlos mitgeliefert.

Die Bilder sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung des Gerätes maßgebend. Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder - soweit sie vorhanden sind - gern zur Verfügung. Die Wiedergabe von Bildern oder Text ohne unsere Zustimmung ist nicht gestattet. Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.



BELEUCHTUNGSSTÄRKENMESSER

Auf den verschiedensten Gebieten des täglichen Lebens wächst die Erkenntnis, daß eine ausreichende Beleuchtung eine wesentliche Voraussetzung für die rationelle Erfüllung vieler Aufgaben ist. Jede lichttechnische Problemstellung zur Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse bedingt aber die quantitative Bestimmung des bestehenden sowie des schließlich erreichten Zustandes, setzt also das Vorhandensein geeigneter Meßgeräte voraus. Besonders einfach läßt sich die Beleuchtungsstärke messen, deren Größe für die Güte der Beleuchtung von ausschlaggebender Bedeutung ist. Werte zu den für verschiedene Arbeiten erforderlichen Beleuchtungsstärken sind DIN 5034 (Leitsätze für die Tagesbeleuchtung) und 5035 (Leitsätze für die Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht) zu entnehmen.

1. Anwendungsgebiete

Messung der

Arbeitsplatzbeleuchtung

in Fabriken, Bergwerken, Lagerhallen, Büroräumen, Schulen, Hörsälen, Operationssälen u. a.

Raumbeleuchtung

in Wohnräumen, Gaststätten, Schaufenstern, Museen, Kirchen u. a.

Kino- und Theaterbeleuchtung

auf Bühnen, Messung der Bildwandhelligkeit

Verkehrsbeleuchtung

in Straßen, auf Bahnanlagen, Sportplätzen, an Fahrzeugen usw.

Messungen bei pflanzenphysiologischen Untersuchungen

Bestimmung des Tageslichtquotienten u. a. m.

2. Einige lichttechnische Zusammenhänge

Die gebräuchlichste Einheit der Beleuchtungsstärke ist das Lux (lx). Zwischen dem auf eine Fläche fallenden Lichtstrom Φ , der Größe F dieser Fläche und der dort erzeugten Beleuchtungsstärke E besteht die Beziehung

$$E = \frac{\Phi}{F} \quad (1)$$

Fällt also auf eine Fläche von 1 m^2 ein Lichtstrom von 1 Lumen (lm), so herrscht dort eine Beleuchtungsstärke von 1 lx. Es sei erwähnt, daß an sich nicht die Beleuchtungsstärke für den Helligkeitseindruck, den eine Fläche im Auge erzeugt, maßgebend ist, sondern die Leuchtdichte B , die sich bei einer diffus reflektierenden Fläche aus der Beziehung

$$B = E \cdot \rho \quad (2)$$

ergibt, wobei ρ den Reflexionsgrad der Fläche bedeutet. Die Leuchtdichte B ergibt sich in Apostilb (asb), wenn die Beleuchtungsstärke E in lx eingesetzt wird. Der Reflexionsgrad ρ ist das Verhältnis des reflektierten Lichtstroms Φ_r zum auffallenden Lichtstrom Φ , also

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi} \quad (3)$$

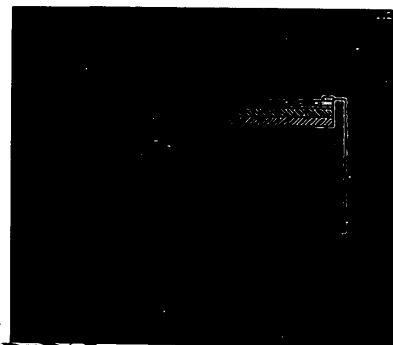
und ist eine für jede Fläche charakteristische Größe. Wie man aus Gleichung (2) ersehen kann, ist also der Helligkeitseindruck einer gegebenen Fläche um so größer, je höher die auf ihr liegende Beleuchtungsstärke ist, so daß es durchaus sinnvoll ist, diese für die Güte der Beleuchtung wichtigste Größe zu messen.

3. Grundsätzliches zur Messung der Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke kann visuell oder physikalisch gemessen werden. Bei den visuellen Meßgeräten obliegt dem Auge die Aufgabe, einen photometrischen Vergleich durchzuführen, bei den physikalischen wird die Messung mit Hilfe eines lichtelektrischen Empfängers vorgenommen. Die visuellen Meßgeräte dieser Art sind weitgehend von lichtelektrisch arbeitenden Instrumenten abgelöst worden, bei denen man in den meisten Fällen ein Photoelement als Empfänger benutzt. Der prinzipielle Aufbau eines solchen Elementes und dessen Meßschaltung ist aus Bild 1 ersichtlich.

Das Photoelement besteht aus einer metallischen Grundplatte P , auf die eine Halbleiterschicht H (im allgemeinen Selen) aufgebracht ist. Auf

Bild 1. Prinzipieller Aufbau eines Photoelementes und Meßschaltung.
 M = Deckelektrode, T = Sperrschicht, H = Halbleiter, P = Grundplatte, S = Strommeßgerät



dieser liegt die lichtdurchlässige Metallschicht M , die Deckelektrode. Zwischen M und H befindet sich eine unipolar leitende Sperrschicht T . Fällt Licht auf das Photoelement, so werden im Halbleiter Elektronen ausgelöst, die über die Sperrschicht zur Deckelektrode M wandern. Diese Elektrode nimmt infolgedessen negatives, die Halbleiterschicht dagegen positives Potential an. Zwischen P und M entsteht also eine Potentialdifferenz. Wird der Außenkreis über das Strommeßgerät S geschlossen, so wandern die Elektronen durch diesen zur Halbleiterschicht zurück. Da man die Stromrichtung dem Elektronenfluß entgegengesetzt angibt, fließt somit der Strom in der angegebenen Richtung.

4. Proportionalität

Es ist wichtig zu wissen, daß der Photostrom nicht nur von der Beleuchtungsstärke, sondern auch vom Außenwiderstand des jeweiligen Stromkreises abhängt. Den Photostrom beim Außenwiderstand Null bezeichnet man als Kurzschlußstrom; er ist - wenigstens bei nicht allzu hohen Beleuchtungsstärken - mit ausreichender Genauigkeit der Beleuchtungsstärke proportional. Wegen des inneren Widerstandes (Widerstand des Halbleiters und der durchsichtigen Gegenelektrode) wird allerdings eine strenge Proportionalität nie erreicht; die Abweichungen nehmen mit wachsender Beleuchtungsstärke und größer werdendem Außenwiderstand zu (Bild 2). Man wählt deswegen eine Meßschaltung mit möglichst kleinem Widerstand und vermeidet hohe Beleuchtungsstärken auf dem Photoelement. Zweckmäßig geht man über 1000 lx nicht hinaus und schaltet dann, wenn höhere Beleuchtungsstärken zu messen sind, besser ein selektives Schwächungsmittel (z. B. ein Filter) in den Strahlengang.

5. Spektrale Empfindlichkeit

Bekanntlich reagiert das Auge nicht auf die gesamte Strahlung, von der es getroffen wird, sondern nur auf die eines sehr schmalen Wellenlängenbereichs, der sich ungefähr von 400 bis 750 nm¹⁾ erstreckt. Doch das Auge bewertet auch in diesem die Strahlung nicht gleichmäßig, sondern entsprechend seiner spektralen Empfindlichkeit von Wellenlänge zu Wellenlänge verschieden.

Auf der Netzhaut des Auges befinden sich zwei Arten von lichtempfindlichen Empfängern, die Zapfen und die Stäbchen. Während bei helladaptiertem Auge (denn sog. Tagesehen) die Zapfen tätig sind, übernehmen bei schwächer werdender Reizung mehr und mehr die Stäbchen die Sehtätigkeit, bis sie schließlich bei dunkeladaptiertem

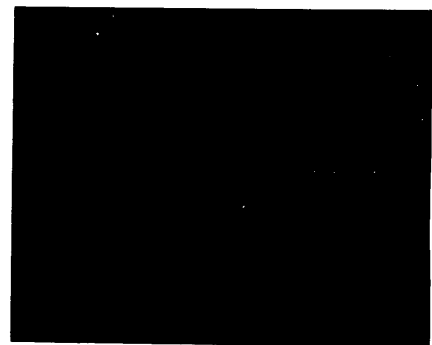
¹⁾ 1 nm (Nanometer) = 10^{-9} m
= 10^{-6} mm

Bild 2. Abhängigkeit des Photostroms von Beleuchtungsstärke und Außenwiderstand



Auge (dem sog. Dämmerungssehen) allein wirksam sind. Die Stäbchen sind wesentlich hellempfindlicher als die Zapfen; im Gegensatz zu diesen besitzen sie aber nicht die Fähigkeit, Farben zu unterscheiden.

Bild 3. Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad



Die spektrale Hellempfindlichkeit der beiden im Auge vorhandenen Empfängerarten, bezogen auf den jeweiligen Maximalwert, ist in Bild 3 dargestellt. Die wichtigere der beiden Empfindlichkeiten ist diejenige des helladaptierten Auges (als spektraler Hellempfindlichkeitsgrad V_λ bezeichnet), stellt sie doch den Bewertungsmaßstab für alle lichttechnischen Messungen dar. Da diese Empfindlichkeit nicht für alle Beobachter gleich und außerdem bei jedem auch noch zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, hat man, um einen einheitlichen Bewertungsmaßstab zu erhalten, eine internationale Empfindlichkeitskurve des sog. «Normalbeobachters» vereinbart. Will man nun bei der Lichtmessung das Auge durch irgendeinen physikalischen Empfänger ersetzen, so kann man damit nur dann Meßergebnisse erhalten, die mit denen des Auges übereinstimmen, wenn der Verlauf der relativen spektralen Empfindlichkeit des physikalischen Empfängers mit der Empfindlichkeitskurve des Normalbeobachters übereinstimmt. Diese Voraussetzung trifft jedoch bei keinem physikalischen Empfänger ohne weiteres zu. Bild 4 zeigt die relative spektrale Empfindlichkeit z. B. eines Selen-Photoelementes im Vergleich zu der des Normalbeobachters. Die Abweichung der relativen spektralen Empfindlichkeit des lichtelektrischen Empfängers von der des Auges wirkt sich in der Praxis dahingehend aus, daß das Gerät nur bei derjenigen Lichtart exakte Werte anzeigt, bei der es geeicht wurde. Bei Lichtarten anderer spektraler Strahlungsverteilung zeigen sich mehr oder weniger große Abweichungen. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die spektrale Empfindlichkeit des Empfängers in irgendeiner Weise an die des Auges anzupassen (V_λ -Anpassung). Es läßt sich jedoch auch mit nicht V_λ -angepaßten Photoelementen eine für viele Fälle der Praxis genügende Genauigkeit erreichen, wenn man Korrekturfaktoren benutzt, mit denen die jeweils ab-

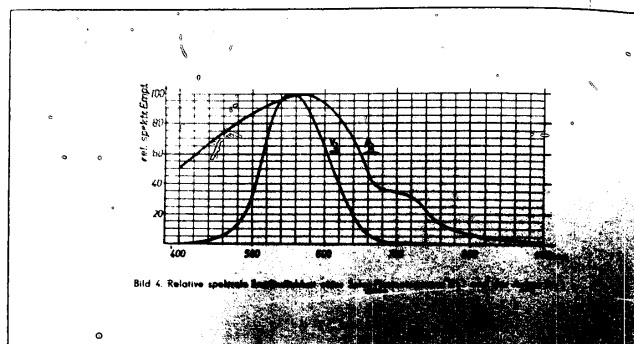


Bild 4. Relative spektrale Lichtintensität einer Standardglühlampe

gelesenen Werte zu multiplizieren sind. Da die Eichung des Luxmeters bei einer Verteilungstemperatur¹⁾ von 2850 °K vorgenommen wird, deren spektrale Strahldichteverteilung im Mittel derjenigen der heute allgemein verwendeten Glühlampen entspricht, erübrigen sich bei der Messung von Glühlampenlicht derartige Faktoren. Die bei der Messung von Glühlampen verschiedener Leistungsaufnahme auftretenden Unterschiede in der Verteilungstemperatur bringen nur unwesentliche Meßfehler. Wie die Tabelle in Abschnitt 9 zeigt, ergeben sich jedoch bei anderen Lichtarten Korrekturfaktoren, die in den meisten Fällen keineswegs vernachlässigt werden können.

6. Winkelabhängigkeit

Fällt gerichtetes Licht unter verschiedenen Winkeln auf eine Fläche, so besteht zwischen der Beleuchtungsstärke E bei senkrechtem Lichteinfall und der Beleuchtungsstärke E_{α} bei Einfall unter dem Winkel α die Beziehung

$$E_{\alpha} = E \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Der gleichen Gesetzmäßigkeit müßte auch der Photostrom gehorchen, wenn er in jedem Fall der Beleuchtungsstärke proportional wäre. Das ist jedoch nicht immer zutreffend.

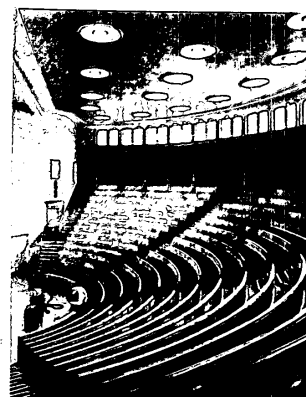
¹⁾ Die Verteilungstemperatur T_v eines Strahlers ist diejenige Temperatur des schwarzen Körpers, bei der dieser eine Strahlung der gleichen relativen spektralen Strahldichteverteilung aussendet wie der betreffende Strahler. T_v wurde bisher auch als »Farbtemperatur« bzw. »physikalische Farbtemperatur« bezeichnet.

und zwar gehen die auftretenden Abweichungen meist auf zwei Ursachen zurück:
Abschattungen durch den Fassungsrand
Reflexion an der Oberfläche des Photoelementes

Beide Fehlerursachen sind bei Anwendung des Photoelementes ohne Schwächungsfilter bis zum Einfallswinkel von etwa 60° praktisch ohne Einfluß. Bei größeren Einfallswinkeln sowie bei vorgeschaltetem Filter jedoch ist es empfehlenswert, die Messung nach Abschnitt 9 durchzuführen.

7. Aufbau des Gerätes

Als lichtempfindliches Organ dient ein Selen-Photoelement von 45mm Durchmesser (Größe der lichtempfindlichen Fläche etwa 11 cm²), dessen Photostrom in einem Mikro-Amperemeter zur Anzeige gelangt. Dieses Instrument enthält ein Spannbandsystem, so daß es gegen mechanische Erschütterungen besonders unempfindlich ist. Die 100teilige Skala ist nicht direkt mit I_x beschriftet, da aus den in Abschnitt 5 erläuterten Gründen bei verschiedenen Lichtarten gleichen Beleuchtungsstärken unterschiedliche Photostrome und damit unterschiedliche Zeigerausschläge entsprechen. Zur Meßbereichserweiterung ist dem Photoelement ein Filter beigegeben, das mittels Bajonettverschlusses aufgesetzt werden kann. Sämtliche Teile sind in einem Behälter mit Umhängeriemen untergebracht.



8. Meßbereiche

Das Gerät ist für Beleuchtungsstärken bis etwa 100 000 lx bestimmt, die sich normalerweise in vier Meßbereichen messen lassen:

Meßbereich I: bis 100 lx	Meßbereich III: bis 10 000 lx
Meßbereich II: bis 1000 lx	Meßbereich IV: bis 100 000 lx

Während die ersten beiden Meßbereiche durch elektrische Widerstandsschaltung erzielt werden, erhält man die übrigen durch Vorschalten des Schwächungsfilters.

9. Handhabung

Vor Herausnehmen des Photoelementes aus dem Behälter überzeuge man sich davon, daß beide Schalter nach unten zeigen und sich das Schwächungsfilter auf dem Photoelement befindet, damit dieses nicht unbeabsichtigt zu hohen Beleuchtungsstärken ausgesetzt wird und dadurch Photoelement und Meßwerk Schaden nehmen könnten. Dann ist das Photoelement an den Meßplatz zu bringen und der linke Schalter einzuschalten. Liegt der Anschlag unter 10 Skalenteilen, so schaltet man den rechten Schalter in Stellung „x1“. Ergeben sich auch jetzt weniger als 10 Skalenteile, so wird das Schwächungsfilter entfernt, nachdem vorher der rechte Schalter in Stellung „x10“ gebracht ist. Man hat also jetzt einen Meßbereich bis 1000 lx. Zur Messung von Beleuchtungsstärken unter 100 lx wird der rechte Schalter wieder nach oben umgelegt („x1“). Nach beendeter Messung sind beide Schalter in Ruhestellung (Kipphebel nach unten) zu bringen, und das Schwächungsfilter ist auf das Photoelement aufzusteden. Eine eventuell erforderliche Nullpunktjustierung nimmt man durch Drehen der Justierschraube in der Mitte des Meßgerätes unten vor; dabei ist das Gerät waagrecht aufzustellen.

Die abgelesenen Skalenteile ergeben für die Praxis im allgemeinen mit genügender Genauigkeit unmittelbar die Beleuchtungsstärke. Sollen die geringen durch die Nichtlinearität bedingten Abweichungen berücksichtigt werden, so benutze man die Kurven in Bild 5. Befand sich das Schwächungsfilter auf dem Photoelement, dann sind die erhaltenen Beleuchtungsstärken noch mit dem Filterfaktor zu multiplizieren. Die so gewonnenen Werte gelten nur für eine Verteilungstemperatur von 2850 °K (s. Abschnitt 5), die dem Licht der üblichen Glühlampenbeleuchtung entspricht. Mißt man bei anderen Lichtarten, so sind die aus der Kurve abgelesenen Werte mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:

Leuchtstofflampen HNG mit 1,4	Tageslicht mit 0,9
Leuchtstofflampen HNW mit 1,4	Reinkohlenbogenlicht mit 0,8
Leuchtstofflampen HNT mit 1,2	Beckbogenlicht mit 0,9

Bei allseitigem Lichteinfall wird das Photoelement unmittelbar an die zu messende Fläche und parallel zu dieser gehalten. Kommt das Licht vorwiegend aus einer bestimmten Richtung oder unter einem größeren Einfallswinkel, so empfiehlt es sich - vor allem bei aufgesetztem Schwächungsfilter - das Photoelement etwa senkrecht zur einfallenden Strahlung zu halten.

Hauptanwendungsgebiete

- a) Messung der Beleuchtungsstärke, die von Lichtquellen unterschiedlicher relativer spektraler Strahlungsverteilungen erzeugt wird. Die unbequeme Umrechnung mittels Korrekturfaktoren, die oft gar nicht oder nur ungenau bekannt sind, ist dann nicht mehr erforderlich.
- b) Lichttechnische Messungen zur Bestimmung der Lichtstärke oder des Lichtstroms verschiedenfarbiger Lichtquellen.

1) 1 mm = 10^{-9} m

2) In diesem Fall muß uns das Instrument zur Neuabstimmung eingeschickt werden.

VEB Carl Zeiss JENA
Vertriebsabteilung Sonderergebnisse

Drahtwort: Zeisswerk Jena • Fernsprecher: Jena 7042
Fernschreiber: Jena 058 622

Druckschriften-Nr. 40-606-1

V_λ-Filter

Filter für die Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit von Selen-Photoelementen an die spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges

Von der Gesamtrahlung eines Körpers empfindet das Auge nur einen sehr schmalen Wellenlängenbereich als Licht. Innerhalb dieses "sichtbaren" Bereichs der Strahlung besitzt das menschliche Auge eine sehr unterschiedliche Empfindlichkeit; ihr Maximum liegt bei der Wellenlänge 555 nm ¹⁾, die Grenzen bei 400 und 760 nm. Die Bewertungsfunktion des Auges für die Strahlung wird als spektraler Hellempfindlichkeitsgrad V_{λ} bezeichnet. Er ist ein relatives Maß für den von einem energiegelichen Spektrum hervorgerufenen, mit helladaptiertem Auge empfundenen Helligkeitseindruck. Auf Grund umfangreicher Messungen an einer größeren Zahl Versuchspersonen ist der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad ermittelt und später international festgelegt worden (s. DIN 5031).

Will man physikalische Strahlungsempfänger bei Lichtmessungen anwenden, so ist man häufig gezwungen, deren spektrale Empfindlichkeit der des menschlichen Auges anzupassen. Ein oft benutzter physikalischer Strahlungsempfänger ist das Selen-Photoelement, das in der Lichtmeßtechnik eine wichtige Rolle spielt. Die Vielzahl verschiedenartiger Lichtquellen, die in der Beleuchtungstechnik Anwendung finden, fordert bei quantitativen Untersuchungen unbedingt die Benutzung V_{λ} -getreuer arbeitender Meßinstrumente.

Von uns wurde deshalb eine Filterkombination entwickelt, die die relative spektrale Empfindlichkeit unserer Selen-Photoelemente an die Hellempfindlichkeit des Auges möglichst genau anpaßt.

Beschreibung

Die Filterkombination besteht aus mehreren gekitteten Farbglassfiltern des VEB JENAer Glaswerk Schott & Gen., Jena. Der Filterdurchmesser beträgt 50 mm, passend für Photoelemente von 45 mm Durchmesser. Die Fassung gestattet eine direkte Anwendung mit unserem Beleuchtungsstärkemesser LM 1 ²⁾. Die Kombination setzt die Gesamtempfindlichkeit des Photoelementes etwa auf $\frac{1}{3}$ herab. Die Anpassung ist optimal für die mittlere relative spektrale Empfindlichkeit unserer Selen-Photoelemente.

Auf Wunsch stellen wir dieses Filter auch mit anderen Abmessungen in Sonderanfertigung her, jedoch nur bis maximal 70 mm Durchmesser und ohne Fassung.

(s. auch Abschnitt 6) und die gemessene Beleuchtungsstärke mit den in folgender Tabelle enthaltenen Faktoren zu korrigieren:

Einfallswinkel in Grad	Umrechnungs- faktor	τ
30	0,87	
40	0,77	
50	0,64	
60	0,50	
70	0,34	
80	0,17	

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Oberfläche des Photoelementes und die Flächen des Schwächungsfilters nicht berührt werden dürfen, da sonst leicht Beschädigungen der lichtempfindlichen Schicht bzw. Änderungen des Schwächungsgrades des Filters eintreten können, die zu falschen Meßergebnissen führen würden. Auch soll man das Photoelement nicht länger dem Licht aussetzen, als zur Messung erforderlich ist. Weiter ist darauf zu achten, daß das Photoelement vor Feuchtigkeit geschützt bleibt und keine höheren Temperaturen als etwa 50 °C annimmt.

10. Zusatzeinheit

Um die Notwendigkeit der Benutzung von Korrekturfaktoren beim Messen verschiedener Lichtarten zu vermeiden, haben wir ein Filter entwickelt, das die relative spektrale Empfindlichkeit des Photoelementes weitgehend an die spektrale Hellempfindlichkeit des Auges anpaßt. Dieses Filter kann von uns gesondert bezogen werden.

BESTELLISTE

Benennung	Gewicht kg	Bestellnummer
Luxmeter LM 1	1,170	363014
Tragtasche für Luxmeter	0,400	369311

Die angegebenen Gewichte sind nur annähernd und unverbindlich.

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Sondererzeugnisse

Drahtwort: Zeisswerk Jena · Fernsprecher: Jena 7042 · Fernschreiber: Jena 058 622

Waren-Nr. 37 58 90 00 · Druckschriften-Nr. 40-603 a-1

FORSTER & BORRIES · ZWICKAU · III/79/1 Ag 010/30 709/60

Bildwandler BW 35 QS

Elektrostatisch fokussierte Bildwandlertriode mit Oksium-
antimon-Kathode und Quarzglasfenster

Anwendung: Bildtransformation vom nahen Ultraviolett (bis
200 nm) ins Sichtbare

Technische Daten

Kathode

Nutbarer Durchmesser	35 mm	gemessen bei einer Farb- temperatur von 2850 °K (Normallicht- art A)
Mittlere Empfindlichkeit	50...50 mA/lm	
Minimale Empfindlichkeit	20 µA/lm	

Abbildungssystem

Abbildungsmaßstab	etwa 1 : 0,6
Max. Verzeichnung	6 %
Betriebsspannung	± 15 kV
Spannungsaufteilung	Sten 1 : 2
($U_{\text{Kath.}} - \text{Anode I} : U_{\text{Anode I}} - \text{Anode II}$)	
Bildurchmesser	etwa 21 mm
Min. Auflösung (bezogen auf die Photokathode)	10 Striche/mm

Klimafestigkeit

Rel. Luftfeuchtigkeit (Rohr ungeschützt)	max. 50 %
Temperaturbereich	0...+ 50 °C
Rohr ungeschützt	
Rohr gegen Feuchtig- keit geschützt	-100°...+ 50 °C

VEB Carl Zeiss JENA
Vertriebsabteilung Sondererzeugnisse

Drahtwort: Zeisswerk Jena • Fernsprecher: Jena 7042
Fernschreiber: Jena 058 622

B I L D W A N D L E R

Der lichtelektrische Effekt erlaubt nicht nur eine integrierende Erfassung und Umwandlung von Lichtintensitäten in elektrische Stromimpulse, sondern er eröffnet auch die Möglichkeit, für das menschliche Auge unsichtbare Bilder in den Bereich der Sichtbarkeit zu transformieren und lichtschwache Bilder zu verstärken.

Die von uns entwickelten und hergestellten Bildwandler sind hochwertige Geräte, die zur Verwirklichung dieser Möglichkeiten dienen.

1. Funktionsbeschreibung

Ein evakuiertes zylindrisches Glasröhrchen ist auf der leicht gewölbten Stirnseite mit einer lichtempfindlichen Schicht, der Photokathode, belegt, während die plane Stirnseite den Leuchtschirm trägt. Dazwischen liegt das elektronenoptische Abbildungssystem.

Wird auf der Kathode ein Bild erzeugt, so emittieren die einzelnen Punkte der Kathode entsprechend der Helligkeitsverteilung mehr oder weniger Elektronen. Innerhalb des elektronenoptischen Abbildungssystems werden die Elektronen so abgelenkt (analog den Lichtstrahlen in einem optischen Abbildungssystem), daß auf dem Leuchtschirm eine stigmatisch getreue Abbildung des auf der Photokathode entworfenen Bildes entsteht. Eine Hochspannung von einigen tausend Volt bewirkt die Überführung der Elektronen von der Kathode zum Leuchtschirm. Die Abbildung selbst ist mittels elektromagnetischer Felder (erzeugt durch Magnetspulen) oder elektrostatischer Felder (erzeugt durch koaxiale Blendenanordnungen) erreichbar.

Die Photokathode bestimmt durch ihre Eigenschaften ob der Bildwandler zur Transformation der Strahlung aus dem ultravioletten, sichtbaren, ultravioletten bzw. bei Zwischenschaltung eines Röntgenleuchtschirms auch auf dem Röntgengebiet einsetzbar ist. Für die verschiedenen Aufgaben sind deshalb ganz bestimmte Kathodentypen entwickelt worden.

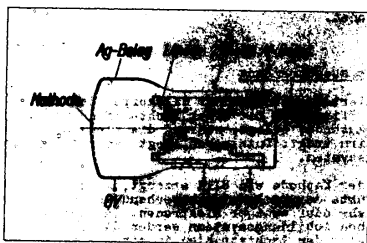
Der Leuchtschirm läßt sich hinsichtlich seiner Leuchtfarbe der spektralen Empfindlichkeit des menschlichen Auges oder der einer photographischen Emulsion anpassen.

2. Prinzip und Aufbau

Da unsere Bildwandler ein möglichst breites Aufgabengebiet überdecken sollen, haben wir elektrostatische Systeme entwickelt. Das elektronenoptische Abbildungssystem bewirkt dabei eine Verkleinerung im Verhältnis etwa 1 : 0,6 - ein Zustand der besonders für die Bildverstärkung von Vorteil ist.

Die besonderen Vorteile der elektrostatischen Bildwandler sind:

- einfache Bedienung
- raumsparende Abmessungen
- einfaches Spannungsversorgungsgerät ohne besondere Stabilitätsansprüche
- keine Bildverdrrehung



Prinzip eines elektrostatischen Bildwandlers

2. Anwendung

Für die verschiedenen Anwendungsgebiete haben sich unterschiedliche Bildwandlertypen herausgebildet und bereits vorteilhaft bewährt.

3.1 Bildtransformation

Die Übertragung von Bildern aus dem nahen Ultrarot von 750 bis 1200 nm hat sich als besonders wertvoll erwiesen für die Ultrarot-Mikroskopie (z. B. bei der Auswertung von Metall- oder Ersschliffen)

- für die Kontrolle von Filmemulsionen
- für die Ultrarot-Spannungsoptik
- für die Untersuchung der Temperaturverteilung von thermisch beanspruchten Teilen

Die Bildtransformation aus dem nahen Ultraviolett von ungefähr 200 bis 350 nm erschließt vor allem für die UV-Mikroskopie neue Möglichkeiten.

Es ist sogar möglich, die unterschiedliche Strahlungsabsorption in den Wellenlängengebieten des ultraroten bzw. des ultravioletten Spektralbereichs mit Hilfe einer spe-

ziellen Farbfiltereinrichtung zum Erzeugen von farbigen Bildwandlerbildern auszunutzen.

3.2 Bildverstärkung

Die hohe Spannung zwischen Kathode und Leuchtschirm eines Bildwandlerrohrs bewirkt eine Energiefuhr an die Photoelektronen, so daß eine Bildverstärkung erzielt wird. Außerdem ergibt die elektronenoptische Verkleinerung eine dem Verhältnis der Flächen entsprechende Erhöhung der Leuchtdichte.

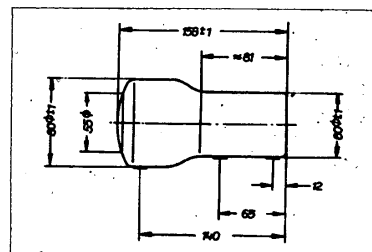
Dieser Umstand läßt sich für die Verstärkung lichtschwacher Oszillogramme, Spektren oder Szintillationen ausnutzen.

3.3 Kurzzeitverschluss

Ein spezielles Anwendungsgebiet der Bildwandler ergab sich aus der Tatsache, daß man durch Anlegen einer Gegenspannung den Austritt von Photoelektronen aus der Kathode verhindern kann. Durch einen entsprechenden Spannungsimpuls läßt sich dann der Elektronenweg für die Dauer des Impulses öffnen. Der Bildwandler wirkt hier also wie ein photographischer Verschluss für kurze Zeiten im Bereich 10^{-6} bis 10^{-9} s.

3.4 Röntgenbildwandler

Eine besondere Anwendung finden die Bildwandler in Spezialausführung in der Röntgentechnik. Man erreicht damit höhere Detaillierkennbarkeit, Dosis einsparung, den Wegfall der Adaptationszeit, die Möglichkeit der Kinematographie ohne Dosisüberlastung des Patienten und andere Vorteile.



Außenabmessungen in mm
Kleinstes Einbaudurchmesser 95 mm
Gewicht ~ 200 g

Bildwandler BW 55

Elektrostatisch fokussierte Bildwandlertriode mit Cäsiumoxyd-Kathode

Anwendung: Bildtransformation vom Infrarot (bis 1,2 μ m) ins SichtbareTechnische DatenKathode

Nutzbare Durchmesser	55 mm	gemessen bei einer Farbtemperatur von 2850 °K (Normallicht-art A)
Mittlere Empfindlichkeit	15...20 μ A/lm	
Minimale Empfindlichkeit	10 μ A/lm	
Min. Rotanteil (gemessen mit 2-mm - Schottfilter UG 8)	10 %	

Abbildungssystem

Abbildungemaßstab	etwa 1 : 0,6
Max. Verzeichnung	6 %
Max. Betriebsspannung	≥ 15 kV
Spannungsaufteilung	etwa 1 : 2
($U_{\text{Kath.}} - \text{Anode I} : U_{\text{Anode I}} - \text{Anode II}$)	
Bilddurchmesser	etwa 33 mm
Min. Auflösung (bezogen auf die Photokathode)	10 Striche/mm

Klimafestigkeit

Rel. Luftfeuchtigkeit (Rohr ungeschützt)	max. 50 %
Temperaturbereich	
Rohr ungeschützt	0... + 50 °C
Rohr gegen Feuchtigkeit geschützt	-100°... + 50 °C

Bildwandler BW 55 S

Elektrostatisch fokussierte Bildwandlertriode mit Cäsium-Antimon-Kathode

Anwendung: Bildverstärkung im sichtbaren Spektralgebiet

Technische DatenKathode

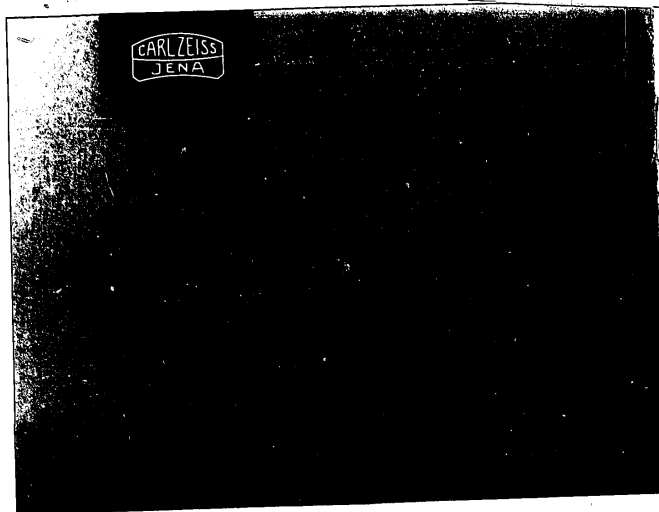
Nutzbare Durchmesser	55 mm	gemessen bei einer Farbtemperatur von 2850 °K (Normallicht-art A)
Mittlere Empfindlichkeit	30...50 μ A/lm	
Minimale Empfindlichkeit	20 μ A/lm	

Abbildungssystem

Abbildungemaßstab	etwa 1 : 0,6
Max. Verzeichnung	6 %
Max. Betriebsspannung	≥ 15 kV
Spannungsaufteilung	etwa 1 : 2
($U_{\text{Kath.}} - \text{Anode I} : U_{\text{Anode I}} - \text{Anode II}$)	
Bilddurchmesser	etwa 33 mm
Min. Auflösung (bezogen auf die Photokathode)	10 Striche/mm

Klimafestigkeit

Rel. Luftfeuchtigkeit (Rohr ungeschützt)	max. 50 %
Temperaturbereich	
Rohr ungeschützt	0... + 50 °C
Rohr gegen Feuchtigkeit geschützt	-100°... + 50 °C



VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Sonderanordnungen

Drahtwort: Zeisswerk Jena · Fernsprecher: Jena 7042 · Fernschreiber: Jena 058 622

Druckschriften-Nr. 40-610-1

Ag 010/30/337/60 — V/10/13

PHOTOVERVIELFÄCHER



50X1-HUM

50X1-HUM

PHOTOVERVIELFACHER

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Typ M 12 F 35	3
Typ R 12 F 35	4
Typ M 12 FS 35	5
Typ Z 12 FS 35	6
Typ R 12 FS 35	7
Typ M 12 FQS 35	8
Typ M 12 FS 60	9
Typ Z 12 FS 60	10
Typ M 12 FS 100	11
Typ Z 12 FS 100	12

Die Bilder sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung der Geräte maßgebend. Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder — soweit sie vorhanden sind — gern zur Verfügung. Die Wiedergabe von Bildern oder Text ohne unsere Zustimmung ist nicht gestattet. Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.

Typ M 12 F 35

Photovervielfacher mit Cäsium-Oxyd-Frontkathode

Anwendung

Der Typ M 12 F 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit im sichtbaren und nahen ultravioletten Spektralbereich. Er wird bevorzugt angewendet bei photometrischen Messungen zur Umwandlung schwacher Lichtströme in elektrische Signale. Seine kleinen Abmessungen sind besonders vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Oxyd
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 1300 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm ± 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_K bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	15 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	10 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	± 10 %
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 40 °C
Gesamtempfindlichkeit	2,5 ... 150 A/lm
Vervielfachung V	10 ⁵ ... 10 ⁷
Konstanz der Vervielfachung bei ± 0,002 % Spannungsschwankung	besser als 1 %
Dunkelstrom I_0	10 ⁻⁴ ... 10 ⁻⁶ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	≤ 10 ⁻⁷ lm
Betriebsspannung U_{bG}	800 ... 1800 V
Anodenkapazität C_a	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Zwei eingebaute Steuerelektroden (E_1 und E_2) ermöglichen es, den wirksamen Kathodendurchmesser elektronenoptisch derart einzuzengen, daß der thermische Dunkelstrom der Randgebiete der Photokathode unwirksam gemacht und damit für jede Messung auf ein Minimum herabgesetzt werden kann. Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- oder Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größte Länge	120 mm
Gewicht	≈ 80 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ R 12 F 35**Photovervielfacher mit Cäsium-Oxyd-Frontkathode****Anwendung**

Der Typ R 12 F 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit im sichtbaren und nahen ultravioletten Spektralbereich. Er wird bevorzugt für Aufgaben der lichtelektrischen Steuer- und Regelungstechnik angewendet. Seine kleinen Abmessungen sind besonders vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Oxyd
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 1300 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm + 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_k bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	8 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	5 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	$-100^\circ \dots +40^\circ \text{C}$
Gesamtempfindlichkeit	1 ... 100 A/lm
Vervielfachung V	$10^4 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 3%
Dunkelstrom I_0	$\leq 10^{-6} \text{ A}$
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$\leq 5 \cdot 10^{-7} \text{ lm}$
Betriebsspannung U_{bG}	800 ... 1800 V
Anodenkapazität C_0	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Zwei eingebaute Steuerelektroden (E_1 und E_2) ermöglichen es, den wirksamen Kathodendurchmesser elektronenoptisch derart einzuengen, daß der thermische Dunkelstrom der Randgebiete der Photokathode unwirksam gemacht und damit für jede Messung auf ein Minimum herabgesetzt werden kann. Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- oder Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größte Länge	120 mm
Gewicht	$\approx 80 \text{ g}$

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)**Typ M 12 FS 35****Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode****Anwendung**

Der Typ M 12 FS 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit für universelle Meßzwecke im sichtbaren Spektralbereich. Er kann in der Photometrie und in Verbindung mit einem Szintillator in der Szintillationsmeßtechnik angewendet werden. Außerdem ist er für alle Meßprobleme, bei denen schwächste Lichtsignale in elektrische Signale umzuwandeln sind, gut geeignet. Seine kleinen Abmessungen sind besonders vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm + 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_k bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	40 ... 60 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	30 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	$-100^\circ \dots +50^\circ \text{C}$
Gesamtempfindlichkeit	2,5 ... 500 A/lm
Vervielfachung V	$10^5 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 1%
Dunkelstrom I_0	$7 \cdot 10^{-10} \dots 5 \cdot 10^{-6} \text{ A}$
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0 im Mittel	$5 \cdot 10^{-12} \dots 10^{-9} \text{ lm}$
Betriebsspannung U_{bG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen NaJ (Ti)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	$\leq 12\%$ (im Mittel $7 \dots 10\%$)
Anodenkapazität C_0	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Zwei eingebaute Steuerelektroden (E_1 und E_2) ermöglichen es, den wirksamen Kathodendurchmesser elektronenoptisch derart einzuengen, daß der thermische Dunkelstrom der Randgebiete der Photokathode unwirksam gemacht und damit für jede Messung auf ein Minimum herabgesetzt werden kann. Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- oder Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größte Länge	120 mm
Gewicht	$\approx 80 \text{ g}$

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ Z 12 FS 35**Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode****Anwendung**

Der Typ Z 12 FS 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit für universelle Meßzwecke im sichtbaren Spektralbereich. Er wird in Verbindung mit einem Szintillator bevorzugt für Szintillationszwecke der Kernphysik und Kerntechnik angewendet. Seine kleinen Abmessungen sind besonders vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm + 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_K bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	15 ... 30 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	10 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	$-100^\circ \dots +50^\circ \text{C}$
Gesamtempfindlichkeit	1 ... 300 A/lm
Vervielfachung V	$10^5 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 3 %
Dunkelstrom I_0	$< 10^{-7} \text{ A}$
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$< 10^{-8} \text{ lm}$
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen NaJ (Tl)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	$\leq 20\%$
Anodenkapazität C_a	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- oder Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größe Länge	120 mm
Gewicht	$\approx 80 \text{ g}$

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ R 12 FS 35**Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode****Anwendung**

Der Typ R 12 FS 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit im sichtbaren Spektralbereich. Er wird bevorzugt für Aufgaben der lichtelektrischen Steuer- und Regelungstechnik angewendet. Seine kleinen Abmessungen sind besonders vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm + 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_K bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	15 ... 30 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	2 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	$-100^\circ \dots +50^\circ \text{C}$
Gesamtempfindlichkeit	1 ... 150 A/lm
Vervielfachung V	$10^4 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 3 %
Dunkelstrom I_0	$< 10^{-7} \text{ A}$
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$< 10^{-8} \text{ lm}$
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Anodenkapazität C_a	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Zwei eingebaute Steuerelektroden (E_1 und E_2) ermöglichen es, den wirksamen Kathodendurchmesser elektronenoptisch derart einzuzengen, daß der thermische Dunkelstrom der Randgebiete der Photokathode unwirksam gemacht und damit für jede Aufgabe auf ein Minimum herabgesetzt werden kann. Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größe Länge	120 mm
Gewicht	$\approx 80 \text{ g}$

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ M 12 FQS 35

Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode
und Licht Eintrittsfenster aus Quarz

Anwendung

Der Typ M 12 FQS 35 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit. Durch sein Quarzfenster läßt er sich für Messungen im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich benutzen. Er kann in der Photometrie und in Verbindung mit einem Szintillator in der Szintillationsmeßtechnik angewendet werden. Besonders geeignet ist er für die Messung von Gasszintillationen sowie als Tischenkew-Zähler. Seine kleinen Abmessungen sind sehr vorteilhaft für den Einbau in tragbare Geräte und in solche, deren Konstruktion nur kleine Bauteile zuläßt.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	220 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	33 mm ± 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_k	
bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	40 ... 60 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	25 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	± 10 %
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 50 °C
Gesamtempfindlichkeit	2,5 ... 500 A/lm
Vervielfachung V	10 ⁵ ... 10 ⁷
Konstanz der Vervielfachung	besser als 1 %
bei ± 0,002 % Spannungsschwankung	
Dunkelstrom I_0	5 · 10 ⁻⁹ ... 5 · 10 ⁻⁴ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	10 ⁻¹¹ ... 5 · 10 ⁻⁴ lm
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen	< 12 %
NaI (Tl)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	4,5 pF
Anodenkapazität C_a	

Besondere Eigenschaften

Zwei eingebaute Steuerelektroden (E_1 und E_2) ermöglichen es, den wirksamen Kathodendurchmesser elektronenoptisch derart einzuzengen, daß der thermische Dunkelstrom der Randgebiete der Photokathode unwirksam gemacht und damit für jede Messung auf ein Minimum herabgesetzt werden kann. Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	44 mm
Größte Länge	120 mm
Gewicht	≈ 80 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ M 12 FS 60

Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode

Anwendung

Der Typ M 12 FS 60 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit im sichtbaren Spektralbereich, speziell für die Szintillationsmeßtechnik. Er eignet sich besonders für alle Probleme, die größere Szintillatoren erfordern, z. B. bei der Messung geringer Aktivitäten, bei Bohrloch-Anordnungen, bei höheren Energien, bei denen also höhere Absorption nötig ist. Ein typischer Fall hierfür ist die γ -Szintillationspektrometrie. Außerdem eignet sich der M 12 FS 60 für die α -Zählung, für Human-Counter vom Los Alamos-Typ und für die Neutronenzählung.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	58 mm — 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_k	
bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	40 ... 60 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	25 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	± 10 %
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 50 °C
Gesamtempfindlichkeit	2,5 ... 500 A/lm
Vervielfachung V	10 ⁵ ... 10 ⁷
Konstanz der Vervielfachung	besser als 1 %
bei ± 0,002 % Spannungsschwankung	
Dunkelstrom I_0	7 · 10 ⁻¹⁰ ... 5 · 10 ⁻⁴ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	10 ⁻¹¹ ... 10 ⁻⁹ lm
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen	< 12 %
NaI (Tl)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	(im Mittel 7 ... 10 %)
Anodenkapazität C_a	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	60 mm
Größte Länge	135 mm
Gewicht	≈ 100 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ Z 12 FS 60

Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode

Anwendung

Der Typ Z 12 FS 60 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit für Szintillations-Zählzwecke im sichtbaren Spektralbereich. Er eignet sich besonders für alle Probleme, bei denen größere Szintillatoren erforderlich sind, z. B. bei Bohrloch-Anordnungen oder für die α - und Neutronenzählung.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	58 mm — 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_K bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	15 ... 30 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	10 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 50 °C
Gesamtempfindlichkeit	1 ... 300 A/lm
Vervielfachung V	$10^5 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 3 %
Dunkelstrom I_0	$< 10^{-7}$ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$< 10^{-4}$ lm
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen NaJ (Tl)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	$< 20\%$
Anodenkapazität C_0	4,5 pF

Besondere Eigenschaften

Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	60 mm
Größte Länge	135 mm
Gewicht	≈ 100 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44028 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ M 12 FS 100

Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode

Anwendung

Der Typ M 12 FS 100 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit im sichtbaren Spektralbereich, speziell für die Szintillationsmeßtechnik. Er eignet sich besonders für empfindliche Anordnungen und für den Einsatz großflächiger und großvolumiger Szintillatoren, z. B. für γ -Spektrometer hoher Auflösung, bei hohen Energien, für α -Monitore, für Human-Counter und Human-Counter-Spektrometer und für die Messung von Höhenstrahlen mit großen Szintillatoren.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbarer Kathodendurchmesser	96 mm — 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_K bei Normlichtart A (DIN 5033 Bl. 7)	40 ... 60 $\mu\text{A/lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	25 $\mu\text{A/lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 50 °C
Gesamtempfindlichkeit	6 ... 500 A/lm
Vervielfachung V	$2 \cdot 10^5 \dots 10^7$
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 1 %
Dunkelstrom I_0	$5 \cdot 10^{-9} \dots 5 \cdot 10^{-8}$ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$5 \cdot 10^{-10} \dots 5 \cdot 10^{-9}$ lm
Betriebsspannung U_{BG}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen NaJ (Tl)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	$< 12\%$
Anodenkapazität C_0	(im Mittel 9 ... 11 %)

Besondere Eigenschaften

Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	100 mm
Größte Länge	186 mm
Gewicht	≈ 280 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44028 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)

Typ Z 12 FS 100

Photovervielfacher mit Cäsium-Antimon-Frontkathode

Anwendung

Der Typ Z 12 FS 100 ist ein zwölfstufiger Photovervielfacher mit hoher Empfindlichkeit für Szintillations-Zählwerke im sichtbaren Spektralbereich. Er eignet sich besonders für empfindliche Anordnungen und für den Einsatz großflächiger und großvolumiger Szintillatoren.

Technische Daten¹⁾

Photokathode	Cäsium-Antimon
Stufenzahl n	12
Spektraler Anwendungsbereich	335 ... 700 nm
Nutzbare Kathodendurchmesser	96 mm — 1 mm
Durchschnittliche Kathodenempfindlichkeit s_k bei Normlicht A (DIN 5033 Bl. 7)	15 ... 30 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Mindestkathodenempfindlichkeit	10 $\mu\text{A}/\text{lm}$
Unterschiede der lokalen Empfindlichkeitsverteilung der Photokathode	$\pm 10\%$
Anwendbar im Temperaturbereich	— 100° ... + 50 °C
Gesamtempfindlichkeit	3 ... 300 A/lm
Vervielfachung V	2 · 10 ⁵ ... 10 ⁷
Konstanz der Vervielfachung bei $\pm 0,002\%$ Spannungsschwankung	besser als 3 %
Dunkelstrom I_0	$< 10^{-7}$ A
Lichtäquivalent des Dunkelstroms Φ_0	$< 5 \cdot 10^{-4}$ lm
Betriebsspannung U_{B0}	800 ... 1800 V
Kernspektrometrisches Auflösungsvermögen NaI (TI)-Kristall, 661 keV- γ -Strahlung	$< 20\%$
Anodenkapazität C_a	4,5 pF

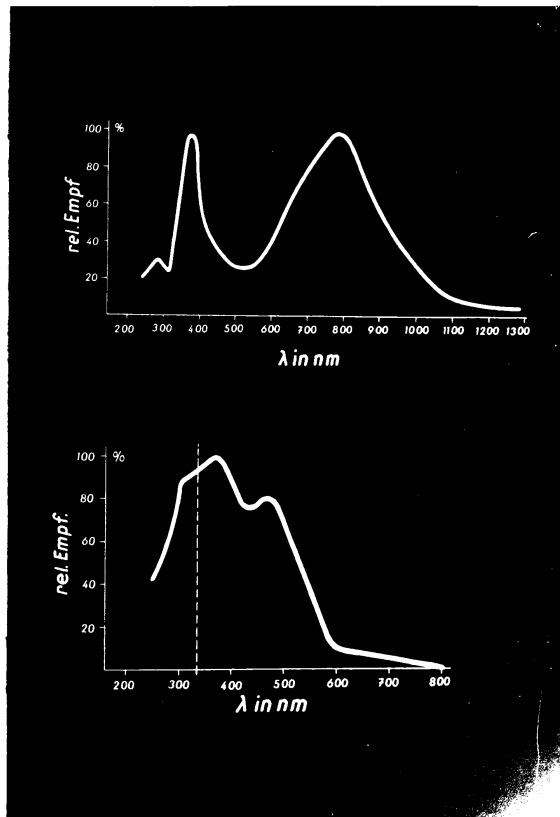
Besondere Eigenschaften

Die Photovervielfacher der Typenreihe M 12 F 35, M 12 FS 35, M 12 FQS 35, M 12 FS 60, M 12 FS 100 (und der entsprechenden R- und Z-Typen) sind ohne Änderung der Meßschaltung gegeneinander direkt austauschbar.

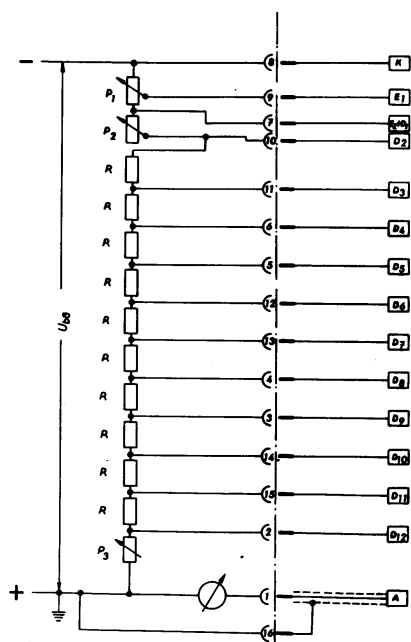
Maße und Gewicht

Größter Durchmesser	100 mm
Größe Länge	186 mm
Gewicht	≈ 280 g

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN 44020 Bl. 2 und DIN 44028 Bl. 2 (Juni 1959)



Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3



Schema für

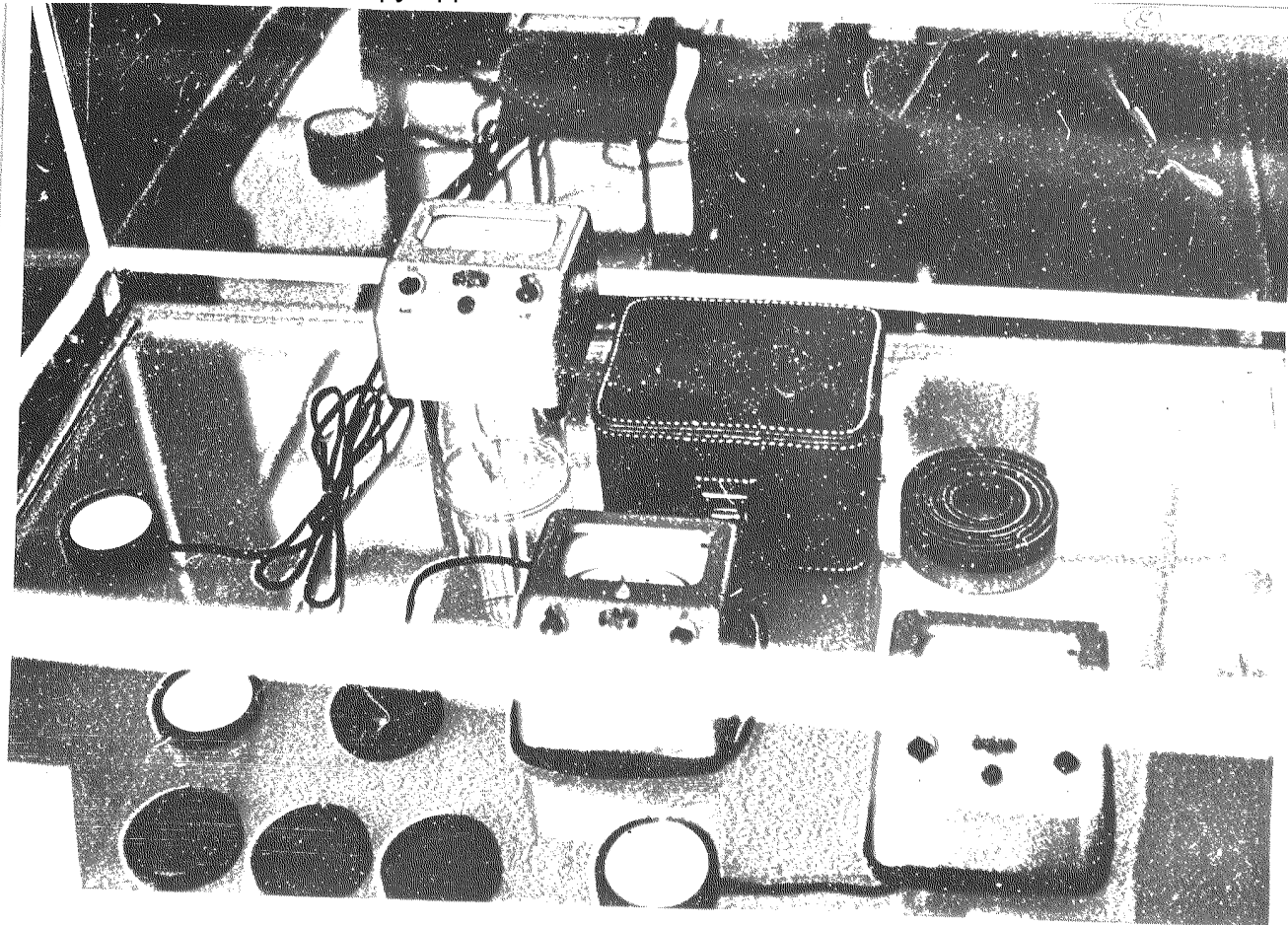
M, R u. Z 12 FS 35
M u. Z 12 FQS 35
M u. R 12 F 35
M u. Z 12 FS 60
M u. Z 12 FS 100

R = Widerstand
P = Potentiometer
 $P_1 = > 2 R$
 $P_2 = \approx 0.5 R$
 $P_3 = \approx R$
 U_{B0} = Betriebsspannung
K = Kathode
E = Elektrode
D = Dynode
A = Anode

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2012/01/05 : CIA-RDP80T00246A062600030001-3

Page Denied

Next 15 Page(s) In Document Denied

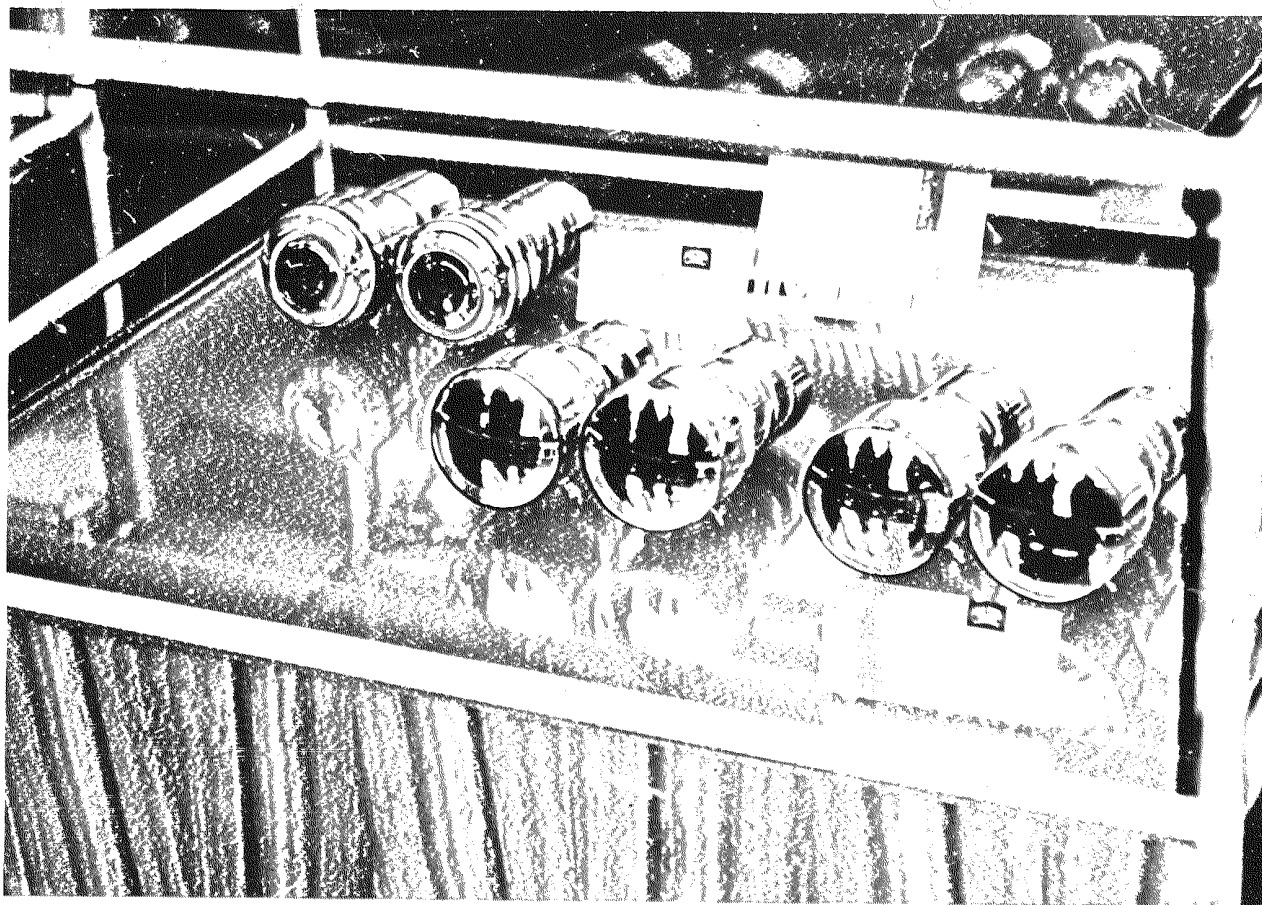


GERMANY (GDR)

LIGHT METERS EXHIBITED BY VEB CARL ZEISS AT LEIPZIG SPRING FAIR.

50X1-HUM

50X1-HUM

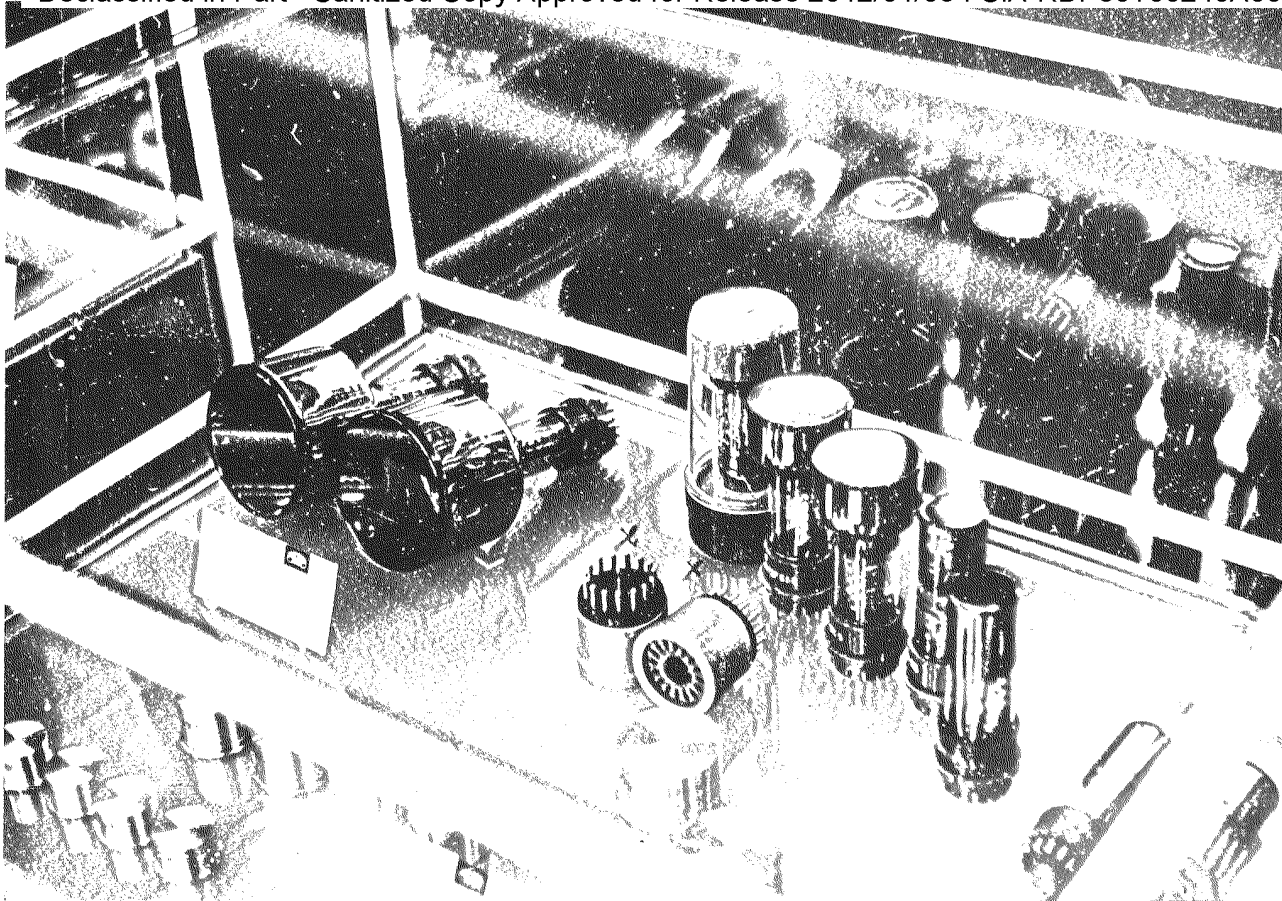


GERMANY (GDR)

IMAGE TUBES EXHIBITED BY VEB CARL ZEISS AT LEIPZIG SPRING FAIR.

50X1-HUM

50X1-HUM

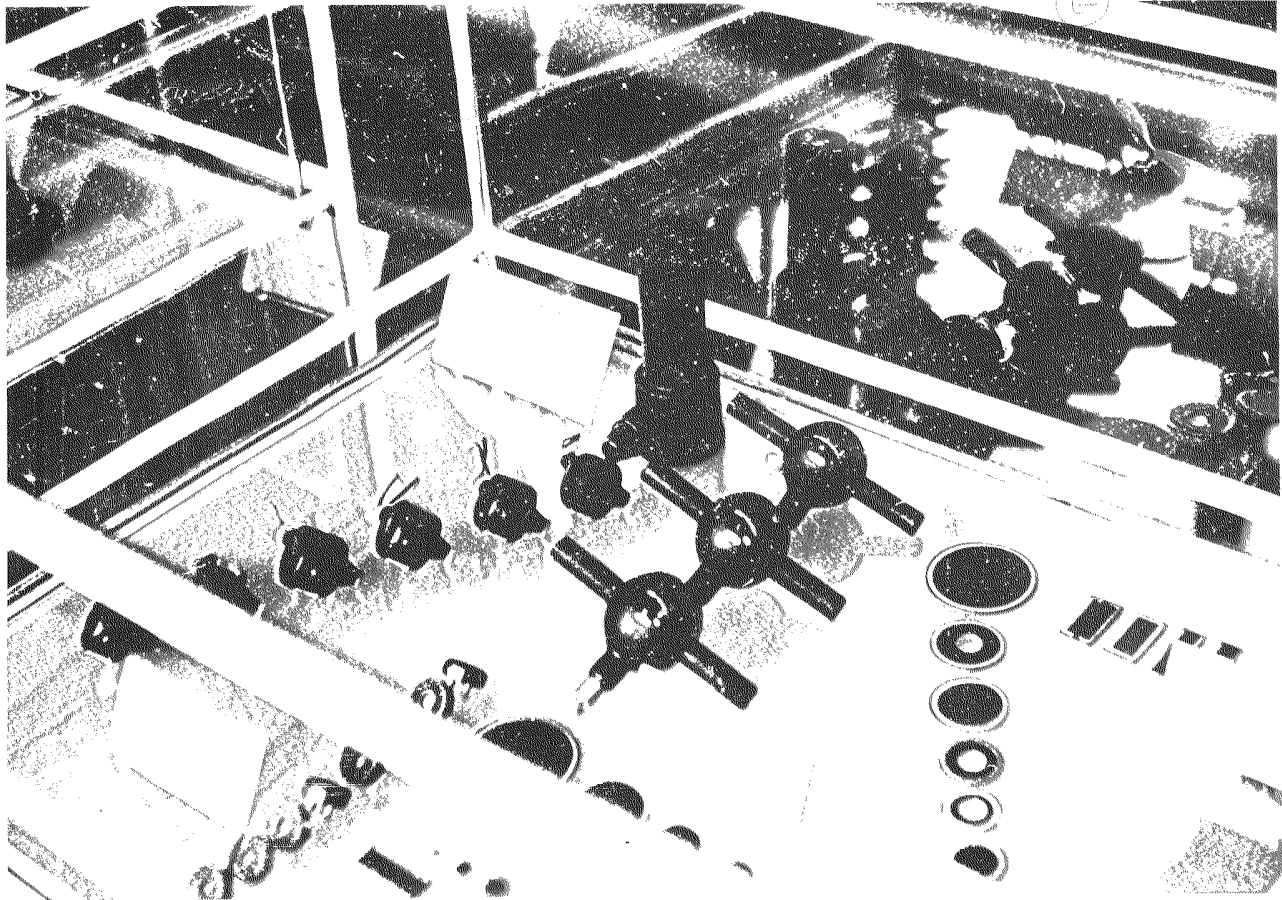


GERMANY (GDR)

MULTIPLIER PHOTOELECTRIC CELLS EXHIBITED BY VEB CARL ZEISS AT LEIPZIG SPRING FAIR.

50X1-HUM

50X1-HUM



GERMANY (GDR)

PHOTOCELLS EXHIBITED BY VEB CARL ZEISS AT LEIPZIG SPRING FAIR.

50X1-HUM

50X1-HUM